

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA RESIDENCIAL CONSIDERANDO PRODUÇÃO PV, ARMAZENAMENTO E VEÍCULO ELÉTRICO

ANDRÉ FELIPE ANHAIA LOPES

Julho de 2016

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA RESIDENCIAL CONSIDERANDO PRODUÇÃO PV, ARMAZENAMENTO E VEÍCULO ELÉTRICO

André Felipe Anhaia Lopes



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: André Felipe Anhaia Lopes, Nº 1151657, 1151657@isep.ipp.pt

Orientação científica: Sérgio Filipe Carvalho Ramos, scr@isep.ipp.pt

João André Soares Pinto, japs@isep.ipp.pt

Sérgio Augusto Oliveira da Silva, augus@utfpr.edu.br



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Dedico este trabalho aos meus pais.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais por sempre me apoiarem e me ajudarem com o que fosse necessário. Agradeço também a minha namorada pelo apoio e paciência nesse período de distância.

Agradeço ao professor Sérgio Ramos pela oportunidade e ao João Soares e professor Sérgio Augusto pela ajuda no trabalho. Agradeço também a todo o pessoal do GECAD, onde realizei todo o trabalho.

Agradeço também a todos os meus amigos da faculdade.

Resumo

Tem-se verificado o estímulo à produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis (sol, vento e água), quer através de incentivos financeiros quer através do incentivo ao autoconsumo. Portugal, pela sua posição geográfica, apresenta condições propícias à produção de energia elétrica através da instalação de painéis fotovoltaicos.

Com a evolução da tecnologia das baterias de íões de lítio e a queda dos preços, a instalação de sistemas de armazenamento de energia residencial está cada vez mais próxima de se tornar algo comum. O veículo elétrico é algo que também deve ser estudado, devido a ser uma das, senão a maior carga em uma residência. E com o crescimento da frota de veículos elétricos e a popularização dos mesmos em breve será normal possuir um deles.

A colocação de painéis fotovoltaicos e a utilização de sistemas de armazenamento de energia junto da carga (nas habitações) contribuirá para uma diminuição da procura, para a diminuição das perdas de distribuição e transporte de energia elétrica, para o aumento da disponibilidade de transmissão da rede e, sobretudo, para a diminuição da dependência da utilização de combustíveis fósseis como energia primária.

Este trabalho desenvolve um sistema de gestão de energia para residências que integra a produção fotovoltaica, um sistema de armazenamento de energia e um veículo elétrico. O objetivo da gestão é reduzir os custos da fatura de energia elétrica do consumidor. A eficácia do sistema foi verificada através da sua aplicação em diversos casos de estudo. Foi realizada uma avaliação da economia alcançada em cada caso de estudo e em seguida uma análise de viabilidade económica da instalação de um sistema de produção fotovoltaica e de um sistema de armazenamento de energia.

Palavras-Chave

Gestão de energia, fotovoltaica, armazenamento de energia, veículo elétrico.

Abstract

There has been a stimulus to electricity production from renewable sources (sun, wind and water), either through financial incentives or by encouraging the self-consumption. Portugal, for its geographical position, has conditions conducive to electricity generation by installing photovoltaic panels.

With the evolution of lithium-ion battery technology and falling prices, the installation of residential energy storage systems is increasingly close to becoming commonplace. The electric vehicle is something that should also be studied, due to be one of, if not the highest demand load in a residence. And with the growth of the electric vehicle fleet and its popularization soon will be normal have one.

The placement of photovoltaic panels and the use of energy storage systems close to the load (in homes) will contribute to a decrease in demand, for the reduction of losses in distribution and transmission of electricity, to increase network transmission availability, and above all, to reduce the dependency on the use of fossil fuels as a primary energy.

This thesis develops a residential energy management system that integrates photovoltaic generation, an energy storage system and an electric vehicle. The goal of the management is to reduce the costs of electric consumer energy bill. The effectiveness of the system was verified through its application in several case studies. An evaluation of the savings achieved in each case study and then an economic feasibility analysis of installing a photovoltaic generation system and an energy storage system was performed.

Keywords

Energy management, photovoltaic, energy storage, electric vehicle.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ACRÓNIMOS.....	XVII
NOMENCLATURA	XIX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.MOTIVAÇÃO	1
1.2.OBJETIVOS	4
1.3.ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	5
2. GESTÃO DE ENERGIA EM CONSUMIDORES DOMÉSTICOS.....	7
2.1.RECURSOS ENERGÉTICOS RESIDENCIAIS.....	7
2.1.1.Produção fotovoltaica	7
2.1.2.Armazenamento	10
2.1.3.Veículo elétrico.....	12
2.2.TARIFAS DE ENERGIA	12
2.2.1.Tarifa simples.....	13
2.2.2.Tarifas Time-of-Use.....	13
2.2.3.Tarifa DAP	14
2.3.ESTADO DA ARTE	14
2.4.CONCLUSÕES	17
3. MODELAÇÃO DO PROBLEMA DE GESTÃO.....	19
3.1.FUNÇÃO OBJETIVO	20
3.2.RESTRIÇÕES DA REDE	21
3.3.RESTRIÇÕES DA BATERIA	21
3.4.RESTRIÇÕES DO VEÍCULO ELÉTRICO.....	23
3.5.DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA SIMPLES.....	24
3.6.MÉTODO DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA BI-HORÁRIA	25
3.6.1.Períodos de venda	26

3.6.2.	<i>Períodos de carga</i>	26
3.6.3.	<i>Períodos pré fora de vazio</i>	26
3.6.4.	<i>Períodos pós fora de vazio</i>	27
3.6.5.	<i>Períodos remanescentes</i>	27
3.7.	MÉTODO DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA DAP	27
3.7.1.	<i>Cálculos realizados</i>	27
3.7.2.	<i>Períodos de venda</i>	29
3.7.3.	<i>Períodos com excesso de produção</i>	29
3.7.4.	<i>Períodos de carga</i>	30
3.7.5.	<i>Períodos de descarga</i>	30
3.7.6.	<i>Períodos remanescentes</i>	30
3.8.	CONCLUSÕES	30
4.	CASOS DE ESTUDO	33
4.1.	CASO DE ESTUDO 1	34
4.1.1.	<i>Caso de estudo 1 – Tarifa simples</i>	34
4.1.2.	<i>Caso de estudo 1 – Tarifa bi-horária</i>	36
4.1.3.	<i>Caso de estudo 1 – Tarifa DAP</i>	36
4.2.	CASO DE ESTUDO 2	38
4.2.1.	<i>Caso de estudo 2 – Tarifa simples</i>	38
4.2.2.	<i>Caso de estudo 2 – Tarifa bi-horária</i>	38
4.2.3.	<i>Caso de estudo 2 – Tarifa DAP</i>	40
4.3.	CASO DE ESTUDO 3	41
4.3.1.	<i>Caso de estudo 3 – Tarifa simples</i>	43
4.3.2.	<i>Caso de estudo 3 – Tarifa bi-horária</i>	44
4.3.3.	<i>Caso de estudo 3 – Tarifa DAP</i>	44
4.4.	CASO DE ESTUDO 4	44
4.4.1.	<i>Caso de estudo 4 – Tarifa simples</i>	44
4.4.2.	<i>Caso de estudo 4 – Tarifa bi-horária</i>	46
4.4.3.	<i>Caso de estudo 4 – Tarifa DAP</i>	48
4.5.	CASO DE ESTUDO 5	49
4.5.1.	<i>Caso de estudo 5 – Tarifa simples</i>	50
4.5.2.	<i>Caso de estudo 5 – Tarifa bi-horária</i>	51
4.5.3.	<i>Caso de estudo 5 – Tarifa DAP</i>	52
4.6.	CASO DE ESTUDO 6	52
4.6.1.	<i>Caso de estudo 6 – Tarifa simples</i>	52
4.6.2.	<i>Caso de estudo 6 – Tarifa bi-horária</i>	52
4.6.3.	<i>Caso de estudo – tarifa DAP</i>	54
4.7.	CASO DE ESTUDO 7	55
4.7.1.	<i>Caso de estudo 7 – Tarifa simples</i>	55

4.7.2.Caso de estudo 7 – Tarifa bi-horária	56
4.7.3.Caso de estudo 7 – Tarifa DAP	58
4.8.CASO DE ESTUDO 8	59
4.8.1.Caso de estudo 8 – Tarifa simples.....	59
4.8.2.Caso de estudo 8 – Tarifa bi-horária	61
4.8.3.Caso de estudo 8 – Tarifa DAP	62
4.9.AVALIAÇÃO ECONÓMICA	63
4.9.1.Avaliação económica – Tarifa simples.....	64
4.9.2.Avaliação económica – Tarifa bi-horária	64
4.9.3.Avaliação económica – Tarifa DAP	65
4.10.ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA	67
4.10.1.Análise de viabilidade económica – Tarifa simples	67
4.10.2.Análise de viabilidade económica – Tarifa bi-horária	68
4.10.3.Análise de viabilidade económica – Tarifa DAP	70
4.11.CONCLUSÕES	71
5. CONCLUSÕES.....	73
5.1.CONTRIBUIÇÕES	75
5.2.TRABALHOS FUTUROS.....	76
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	79
ANEXO A. DADOS DE CONSUMO DA RESIDÊNCIA E PRODUÇÃO PV UTILIZADOS	85
ANEXO B. PREÇO DA ENERGIA PARA A TARIFA DAP	105

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Célula fotovoltaica [11].....	9
Figura 2.2 – Sistema fotovoltaico conectado à rede.....	10
Figura 3.1 – Diagrama geral do modelo do problema de gestão	19
Figura 3.2 - Diagrama do método de definição dos parâmetros da função objetivo da tarifa bi-horária.....	25
Figura 3.3 - Diagrama do método de definição dos pesos da função objetivo da tarifa DAP.....	28
Figura 4.1 - Consumo da residência para o caso de estudo 1 no verão	35
Figura 4.2 – Consumo da residência para o caso de estudo 1 no inverno	35
Figura 4.3 – Preço da tarifa bi-horária ao longo do dia	36
Figura 4.4 – Preço da tarifa DAP para o segundo dia de verão.....	37
Figura 4.5 – Preço da tarifa DAP para o segundo dia de inverno	37
Figura 4.6 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa bi-horária no verão	39
Figura 4.7 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa bi-horária no inverno.....	39
Figura 4.8 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa DAP no verão	40
Figura 4.9 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa DAP no inverno	41
Figura 4.10 – Perfil de produção fotovoltaica para o segundo dia no verão	41

Figura 4.11 – Perfil de produção fotovoltaica para o segundo dia no inverno	42
Figura 4.12 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 3 no verão	43
Figura 4.13 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 3 no inverno.....	43
Figura 4.14 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa simples no verão.....	44
Figura 4.15 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa simples no verão	45
Figura 4.16 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa simples no inverno	46
Figura 4.17 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa bi- horária no verão	47
Figura 4.18 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa bi-horária no inverno	47
Figura 4.19 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa DAP no verão.....	48
Figura 4.20 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa DAP no inverno	49
Figura 4.21 – Consumo da residência para o caso de estudo 5 no verão	50
Figura 4.22 – Consumo da residência para o caso de estudo 5 no inverno.....	51
Figura 4.23 – Preço da tarifa bi-horária para proprietários de veículos elétricos	52
Figura 4.24 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa bi-horária no verão.....	53
Figura 4.25 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa bi-horária no inverno	53

Figura 4.26 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa DAP no verão...	54
Figura 4.27 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa DAP no inverno	55
Figura 4.28 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa simples no verão	56
Figura 4.29 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa simples no inverno.....	56
Figura 4.30 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa bi-horária no verão	57
Figura 4.31 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa bi-horária no inverno.....	57
Figura 4.32 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa DAP no verão...	58
Figura 4.33 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa DAP no inverno	59
Figura 4.34 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa simples no verão	60
Figura 4.35 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa simples no inverno.....	60
Figura 4.36 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa bi-horária no verão	61
Figura 4.37 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa bi-horária no inverno.....	62
Figura 4.38 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa DAP no verão...	62
Figura 4.39 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa DAP no inverno	63

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 – Caracterização dos casos de estudo	34
Tabela 4.2 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa simples.....	64
Tabela 4.3 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa simples	64
Tabela 4.4 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa bi-horária	65
Tabela 4.5 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa bi-horária.....	65
Tabela 4.6 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa DAP	66
Tabela 4.7 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa DAP	66
Tabela 4.8 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa simples.....	67
Tabela 4.9 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa simples.....	68
Tabela 4.10 – Tempo de retorno do investimento para os casos de um consumidor sem VE com tarifa bi-horária	68
Tabela 4.11 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa bi-horária.....	69
Tabela 4.12 – Tempo de retorno do investimento para os casos de um consumidor com VE com tarifa bi-horária.....	69
Tabela 4.13 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa bi-horária.....	70
Tabela 4.14 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa DAP	71

Tabela 4.15 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa DAP	71
--	----

Acrónimos

CA	–	Corrente Alternada
CC	–	Corrente Contínua
CHP	–	Cogeração (<i>Combined Heat and Power</i>)
DAP	–	<i>Day-Ahead Pricing</i>
DR	–	<i>Demand Response</i>
DSM	–	Gestão pelo lado da procura (<i>Demand Side Management</i>)
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
MIP	–	Programação Inteira Mista (<i>Mixed Integer Programming</i>)
OMIE	–	Operador do Mercado Ibérico de Energia
PV	–	Fotovoltaico (<i>Photovoltaic</i>)
PVPC	–	Preço Voluntário para o Pequeno Consumidor
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
ToU	–	<i>Time-of-Use</i>
V2G	–	Veículo para rede (<i>Vehicle to Grid</i>)
V2H	–	Veículo para casa (<i>Vehicle to Home</i>)
VE	–	Veículo Elétrico

Nomenclatura

dt	Tempo em horas de cada período 't' (ex. 15 min. (0,25), 30 min. (0,5))
ECB	Eficiência de carga da bateria
ECVE	Eficiência de carga do VE
EDB	Eficiência de descarga da bateria
EDVE	Eficiência de descarga do VE
$E_{\text{fornecida, m}}$	Energia fornecida no mês 'm' (kWh)
$E_{\text{bat}}^{\text{inic}}(t)$	Energia contida na bateria no início do período 't' (Wh)
$E_{\text{VE}}^{\text{inic}}(t)$	Energia contida no VE no início do período 't' (Wh)
$E_{\text{bat}}^{\text{max}}$	Energia máxima que a bateria pode armazenar (Wh)
$E_{\text{VE}}^{\text{max}}$	Energia máxima que o VE pode armazenar (Wh)
$E_{\text{bat}}^{\text{min}}$	Energia mínima a manter na bateria (Wh)
$E_{\text{VE}}^{\text{min}}(t)$	Energia mínima a manter no veículo no final do período 't' (Wh)
$OMIE_m$	Média aritmética dos preços de fecho do OMIE para Portugal no mês 'm' (€/kWh)
$P_{\text{carga}}(t)$	Potência consumida pela residência do período 't' (W)
$P_{\text{bat}}^{\text{carga}}(t)$	Potência de carga da bateria no período 't' (W)
$P_{\text{VE}}^{\text{carga}}(t)$	Potência de carga do VE no período 't' (W)
$P_{\text{bat}}^{\text{desc}}(t)$	Potência solicitada da bateria no período 't' (W)
$P_{\text{VE}}^{\text{desc}}(t)$	Potência solicitada do VE no período 't' (W)
$P_{\text{bat}}^{\text{max}}$	Potência máxima de carga e descarga da bateria (W)
$P_{\text{rede}}^{\text{max}}$	Potência máxima que pode ser solicitada da rede (W)
$P_{\text{VE}}^{\text{max}}$	Potência máxima de carga e descarga do VE (W)
$P_{\text{pv}}(t)$	Potência da produção PV do período 't' (W)

$P_{rede}(t)$	Potência solicitada da rede no período 't' (W)
$P_{venda}(t)$	Potência vendida à rede no período 't' (W)
$R_{UPAC, m}$	Remuneração paga pela venda de energia no mês 'm' (€)
$X_{VE}^{aus}(t)$	Variável binária que indica se a bateria está a carregar no período 't'
$X_{bat}^{carga}(t)$	Variável binária que indica se a bateria está a carregar no período 't'
$X_{VE}^{carga}(t)$	Variável binária que indica se o VE está a carregar no período 't'
$X_{bat}^{desc}(t)$	Variável binária que indica se a bateria está a descarregar no período 't'
$X_{VE}^{desc}(t)$	Variável binária que indica se o VE está a descarregar no período 't'
$\lambda_{bat}^{carga}(t)$	Peso da parcela relativa à energia de carga da bateria no período 't'
$\lambda_{VE}^{carga}(t)$	Peso da parcela relativa à energia de carga do VE no período 't'
$\lambda_{bat}^{desc}(t)$	Peso da parcela relativa à energia solicitada da bateria no período 't'
$\lambda_{VE}^{desc}(t)$	Peso da parcela relativa à energia solicitada do VE no período 't'
$\lambda_{rede}(t)$	Peso da parcela relativa à energia solicitada da rede no período 't'
$\lambda_{venda}(t)$	Peso da parcela relativa à energia vendida à rede no período 't'

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a motivação que deu origem ao trabalho, os objetivos a serem atingidos com a realização do mesmo e como o trabalho está estruturado.

1.1.MOTIVAÇÃO

Nas últimas décadas tem-se assistido um pouco por toda a União Europeia, e em Portugal em especial, à implementação de uma estratégia focalizada, principalmente, em torno de três objetivos estratégicos: a segurança do abastecimento de eletricidade, a proteção ambiental e a promoção da competitividade dos mercados de energia elétrica.

Com efeito, o incentivo do uso das energias renováveis foi assumido como uma política-chave por parte dos diversos governos pela forte capacidade de contribuir para a realização desses três objetivos estratégicos.

Têm-se assistido a uma alteração profunda dos hábitos de consumo de energia elétrica das famílias. Essa alteração está diretamente associada ao aumento do conforto térmico, ao crescimento do número de equipamentos elétricos disponíveis nas habitações, ao desenvolvimento económico, à oferta de novos serviços e pela evolução das comunicações eletrónicas. Assim, o consumo de energia elétrica assume um papel muito relevante no sector

residencial, dado que a maioria dos equipamentos utilizados nas habitações requer o uso de eletricidade, existindo uma evidente dependência desta fonte na sociedade atual.

O crescimento da produção de energia elétrica com base em fontes renováveis deve-se em grande parte às diretivas da União Europeia. Estas têm como objetivos para o ano de 2020, as seguintes metas no âmbito das alterações climáticas e sustentabilidade energética [1]:

- Redução da emissão de gases de efeito de estufa em 20% relativamente ao ano de 1990;
- A energia produzida na União Europeia de fonte renovável tem de ser de 20%;
- Aumento de 20% na eficiência energética relativamente ao ano de 2005.

É por isso necessário criarem-se condições para melhorar a eficiência do controlo do sistema elétrico, de forma a permitir a introdução de mais produção de origem renovável. A produção de origem renovável além do carácter variável e relativamente difícil de prever, introduziu outra dificuldade para a gestão do sistema elétrico. Nas horas de vazio, existe por vezes um potencial para produção de energia de fonte renovável, que não pode ser aproveitado devido a não existir carga suficiente nestes períodos. Esta situação pode ocorrer com mais frequência, uma vez que a potência instalada de fonte renovável tem vindo a aumentar nos últimos anos. Segundo os dados técnicos fornecidos pela Redes Energéticas Nacionais [2], a energia produzida em Portugal de fonte renovável no ano de 2014, abasteceu 62% do consumo. Atualmente usam-se soluções de armazenamento de energia, como as centrais hidroelétricas reversíveis, para consumir o excedente de energia. A água é bombeada para montante das barragens, para ser posteriormente turbinada de acordo com as necessidades do sistema elétrico (ex. horas de ponta). Outra forma de se poder aproveitar este excedente de energia, é ter influência sobre o consumo usando técnicas de resposta ativa da carga, ou *Demand Response* (DR). Estes recursos permitem que os gestores do sistema elétrico possam induzir os consumidores a ligar ou desligar as cargas mediante a comunicação de preços de energia. As estratégias de DR permitem então aproveitar o excedente de energia, através do controle das cargas por meio dos consumidores, de forma a acioná-las em períodos onde existe um elevado potencial para produção de energia de fonte renovável. A DR além de permitir um melhor aproveitamento da produção da energia de fonte renovável, permite reduzir os picos de carga no diagrama de carga (horas de ponta). Consegue-se, desta forma,

diminuir o custo de produção de energia elétrica durante estes períodos. Isto acontece, pois, o custo marginal de produção de energia elétrica nestes períodos é mais elevado. Apesar de não haver ainda efetivos programas de DR em Portugal, existe já em alguns países europeus, prevê-se, no entanto, a sua existência num futuro próximo.

A queda nos custos de armazenamento de energia abriu novos mercados anteriormente considerados inviáveis na indústria de energia. A integração de inversores fotovoltaicos (PV) residenciais inteligentes e sistemas de baterias de tamanho considerável deu origem a uma nova classe de dispositivo, chamada de Sistema de Armazenamento de Energia Residencial [3]. A integração de PV e armazenamento é uma progressão natural de tecnologias visando reduzir custos, pois a partilha do inversor permite ao consumidor evitar custos de um segundo inversor para o sistema de baterias. Embora a maioria das instalações de produção PV operem sem armazenamento, existem potenciais benefícios da utilização de armazenamento de energia. O principal benefício ao consumidor final é o económico. O mesmo é alcançado através da compra e armazenamento da eletricidade em períodos de menor procura, quando os preços são mais baixos, ou através do armazenamento da energia excedente produzida pela produção PV. Essa energia armazenada é então utilizada em períodos de pico, quando a energia é mais cara, reduzindo a procura do consumidor da rede.

O escalonamento eficiente de carga e descarga da bateria é fundamental para maximizar o consumo da energia produzida através da produção PV e minimizar o custo da energia consumida. Uma forma de induzir os consumidores a mudar o consumo de energia dos períodos de pico para períodos fora de pico é por meio de tarifas que variam de acordo com a hora. Em Portugal já está disponível a tarifa do tipo *Time-of-Use* (ToU), em que o dia é dividido em até quatro períodos, e em cada período a tarifa da energia é diferente. Uma outra tarifa com o mesmo propósito é a do tipo *Day-Ahead Pricing* (DAP), em que o preço da energia varia a cada hora e é informado ao consumidor no dia anterior. Em outros países como Estados Unidos e Espanha essa tarifa já está disponível e no futuro estará também em Portugal. No entanto, não é realista para os consumidores manter o controle de preços de eletricidade variando de forma horária, de modo a programar manualmente os aparelhos. Como tal, um sistema de gestão de energia na forma de apoio à decisão automática é necessário para definir os períodos em que é mais vantajoso consumir a eletricidade da rede ou do sistema de armazenamento de energia.

Com a eletrificação do sector de transporte, o qual tradicionalmente é um dos principais consumidores de combustíveis fósseis [4], um novo tipo carga, os veículos elétricos (VEs) ganharam recentemente mais importância. Os VEs possuem desafios e oportunidades que devem ser examinadas em detalhe. As necessidades energéticas de VEs como uma carga pode ser comparada à de uma pequena residência. Além disso, os VEs também podem ser empregados como um recurso, especialmente durante períodos de pico com a possibilidade de operação em modo veículo para casa (V2H) e veículo para rede (V2G).

1.2.OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de gestão de energia na forma de apoio à decisão automática que integra a carga de uma residência, uma produção PV, um sistema residencial de armazenamento de energia e um veículo elétrico com capacidade de operação nos modos V2H e V2G. Tal sistema deverá ser capaz de operar em diferentes modos de tarifação de energia, tais como tarifa simples, tarifa bi-horária e tarifa DAP, com o objetivo de reduzir o custo da energia consumida. O sistema é aplicado em diversos casos de estudo para demonstrar a sua aplicabilidade em diferentes situações. Além disso, é realizada uma análise económica de viabilidade a respeito da instalação de um sistema de armazenamento de energia e de produção PV. Dada a complexidade inerente a estes objetivos, sentiu-se a necessidade de os subdividir em múltiplas tarefas de realização mais simples, tais como:

- Modelação da função objetivo;
- Modelação das restrições da rede, bateria e veículo elétrico;
- Definição dos pesos da função objetivo da tarifa simples;
- Criação do método de definição dos pesos da função objetivo da tarifa bi-horária;
- Criação do método de definição dos pesos da função objetivo da tarifa DAP;
- Definição e aplicação do sistema nos casos de estudo;
- Avaliação económica dos casos de estudo;
- Análise de viabilidade económica.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

No capítulo 1 é apresentada a motivação para a realização do trabalho, os objetivos a serem atingidos e a organização do texto. No capítulo seguinte, 2, são discutidos os recursos energéticos residenciais como produção fotovoltaica, armazenamento e veículo elétrico, assim como são apresentadas também as formas de tarifação de energia, além do estado da arte. No capítulo 3, é apresentada a modelação do problema de gestão, mais especificamente a função objetivo, as restrições da rede, bateria, veículo elétrico e os métodos para a definição dos pesos para cada modalidade tarifária. No capítulo seguinte, o 4, são apresentados os casos de estudo e realizadas análises económicas e de viabilidade dos mesmos. No último capítulo, o 5º, são apresentadas as conclusões a respeito das análises dos casos de estudo, contribuições do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2. GESTÃO DE ENERGIA EM CONSUMIDORES DOMÉSTICOS

Neste capítulo são abordados os recursos energéticos de uma residência, as diferentes modalidades de tarifação de energia que estão, ou logo estarão, disponíveis em Portugal para o consumidor residencial e por fim é mostrado o estado da arte em relação a sistemas de gestão de energia em residências.

2.1.RECURSOS ENERGÉTICOS RESIDENCIAIS

Nesta seção é discutido sobre produção fotovoltaica, armazenamento de energia em residências e sobre o veículo elétrico. São apresentados alguns benefícios que esses recursos trazem ao consumidor e à rede de distribuição de energia elétrica.

2.1.1. PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA

A energia solar é a energia que é produzida pelo sol na forma de calor e luz. É uma energia disponível gratuitamente, renovável e que não polui o ambiente liberando gases nocivos. A quantidade de energia solar disponível possui a capacidade de suprir o consumo de energia

do mundo inteiro. A energia consumida no mundo inteiro durante o ano de 2013 foi de $108,06 \times 10^6$ GWh [5], e a energia solar que a terra recebe a cada hora é $119,44 \times 10^6$ GWh [6]. Portanto a energia solar que chega na terra a cada hora é superior ao consumo energético de um ano.

A energia solar pode ser convertida em energia elétrica através de painéis fotovoltaicos. Tais painéis possuem diversas células fotovoltaicas que absorvem a energia do sol e são capazes de gerar eletricidade através do efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, primeiramente descoberto em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, corresponde a uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz [7]. Portanto, define-se fotovoltaico como um efeito físico-químico que converte luz diretamente em eletricidade a nível atômico [8]. Embora relatado no século XIX, foi somente cem anos mais tarde que estudos relacionados a tal efeito se tornaram significativos e voltaram-se ao rumo comercial. Em 1954 as primeiras células fotovoltaicas fabricadas com silício apresentavam eficiência de 6% [9]. O setor de telecomunicações e a chamada "corrida espacial" foram os agentes primários que contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia, seguidos da crise do petróleo de 1973, que estimulou e ampliou o interesse em aplicações terrestre para a energia fotovoltaica [7]. Ao final do século XX, a indústria fotovoltaica a nível mundial já avançada em produção, apresentava grandes melhorias no desenvolvimento dos painéis com custos razoavelmente acessíveis. Apesar de ainda ser uma solução cara, atualmente, frente a outras soluções, é a tecnologia que apresenta a maior taxa de crescimento e queda nos custos [10].

A energia elétrica gerada a partir de um sistema fotovoltaico precisa de uma célula solar para ser produzida. Esta célula solar, ou célula fotovoltaica é formada essencialmente por arranjos de silício. A Figura 2.1 representa a composição e resumidamente como funciona uma célula fotovoltaica fabricada atualmente.

A matéria prima mais utilizada para a fabricação das células é o silício, porém outros elementos também podem ser empregados para sua produção. Características como flexibilidade, durabilidade e eficiência vêm sendo aprimoradas devido aos avanços nas pesquisas.

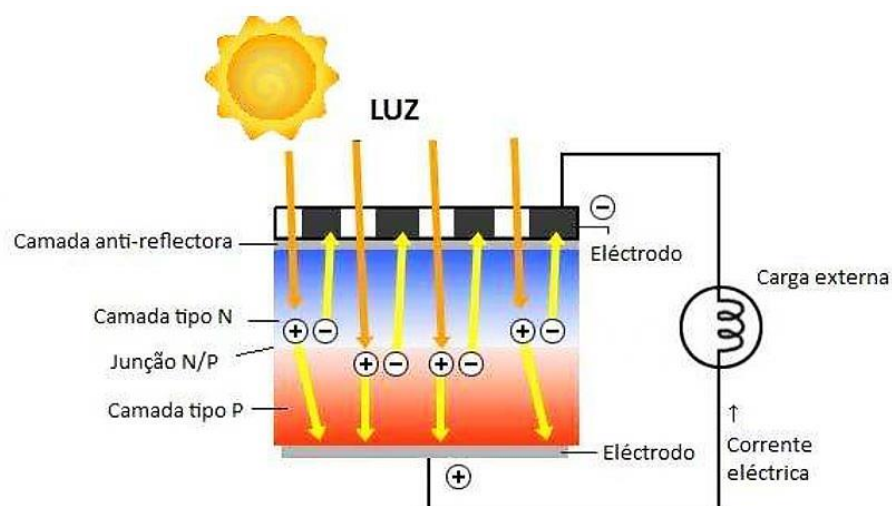


Figura 2.1 – Célula fotovoltaica [11]

O efeito fotovoltaico produz, através das células fotovoltaicas conectadas um fluxo de Corrente Contínua (CC). Para que a eletricidade gerada pelos módulos fotovoltaicos possa ser utilizada nos aparelhos domésticos convencionais, ela precisa oferecer os mesmos parâmetros da eletricidade fornecida pela rede da concessionária, que é a Corrente Alternada (CA). Para isto, os painéis devem ser conectados a um inversor de corrente, que é capaz de adaptar a energia elétrica. A função do inversor é transformar a corrente contínua gerada nos painéis em corrente alternada padrão da rede de distribuição. Além de materiais usualmente utilizados para instalações elétricas e sistemas de segurança, um gerador fotovoltaico é composto essencialmente pelos componentes citados anteriormente (módulos e inversor).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser isolados ou conectados com a rede de distribuição. Os sistemas fotovoltaicos isolados são designados para aplicações nas quais a energia convencional não está disponível, quer por restrições técnicas e ambientais ou por desinteresse comercial das concessionárias em expandir suas redes para locais com baixa densidade demográfica. As aplicações para esse tipo de tecnologia são as mais diversas, não se restringindo apenas a sistemas domésticos. Destacam-se as utilizações em iluminação pública, telecomunicações, sinalização marítima e de estradas, refrigeração, bombeamento de água, telefones de emergência, entre outras.

A Figura 2.2, mostra um sistema fotovoltaico conectado à rede instalado em uma edificação. O sistema básico é composto de um arranjo de painéis fotovoltaicos, um inversor CC/CA, medidores de energia e da própria rede elétrica. O conjunto de módulos fotovoltaicos, geralmente instalado sobre o telhado da edificação, converte a energia solar em energia

elétrica, a qual é disponibilizada em corrente contínua. Após passar pelo inversor, essa energia é então entregue em corrente alternada ao quadro geral da instalação ou diretamente à rede elétrica, dependendo da finalidade da instalação fotovoltaica.

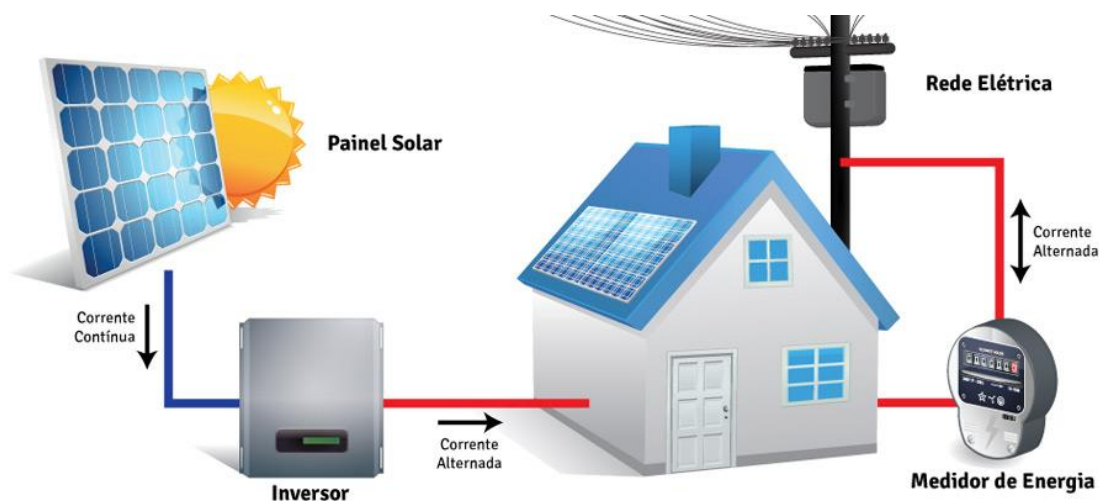


Figura 2.2 – Sistema fotovoltaico conectado à rede

Quando instalados em telhados de residências ou estabelecimentos comerciais e conectados com a rede, os geradores fotovoltaicos, são considerados como sistemas de produção distribuída, ou seja, ao invés de ser produzida em larga escala numa usina específica distante e então levada até cada unidade consumidora, a produção é espalhada em diversos pontos. Esse modelo de produção é considerado positivo para a rede, pois uma vez produzida no mesmo local onde será consumida, a produção distribuída permite expandir a oferta de energia sem a necessidade da criação de plantas convencionais, o que exige tempo e gastos adicionais com transmissão. Em termos ambientais, o funcionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede ocorre de forma silenciosa, sem a emissão de poluentes e sem o requerimento de grandes áreas, como ocorre nas plantas convencionais.

2.1.2. ARMAZENAMENTO

Embora a integração de fontes de energia renováveis residenciais à rede ser uma forma eficaz de reduzir o consumo de combustíveis fósseis, diversos problemas devem ser tratados para que esses benefícios se tornem reais [12]. Em primeiro lugar, há uma incompatibilidade entre o pico da produção PV (geralmente a tarde) e o pico do consumo residencial (geralmente a noite) [12]. Tal fato resulta em condições onde a potência PV gerada não pode ser utilizada de forma ótima para a redução da potência de pico. Além disso, em cada instante

de tempo a potência de saída PV é limitada pela radiação solar, ficando a capacidade de redução de pico também limitada pela potência de saída PV [12]. Dessa forma a capacidade de economia é reduzida, pois, geralmente a energia elétrica tende a ser mais cara nos momentos de pico de consumo. Uma solução eficaz para os problemas mencionados é através da instalação de um sistema de armazenamento de energia.

O preço das baterias de íons de lítio vem reduzindo pela metade a cada 2,5 anos desde 2009 e vários relatórios preveem que o preço de instalações de armazenamento de energia elétrica vai continuar caindo [13]. Isso irá fazer sistemas PV com bateria mais atrativos. A combinação das duas tecnologias pode maximizar o valor obtido delas através da otimização da operação de todo o sistema. Esses sistemas reduzem as interações com a rede, sendo capazes de reduzir tanto a compra de energia da rede como a venda para a mesma.

Sistemas de armazenamento de energia elétrica podem fornecer múltiplos benefícios tanto para o consumidor final como para a rede de energia. Os principais benefícios e principais fontes de receita para instalações de sistemas de armazenamento são:

- Balanceamento de carga: sistemas de armazenamento podem variar a sua potência para equilibrar produção e carga. A eletricidade é armazenada quando o consumo é baixo e descarregada durante os períodos de pico de procura.
- Variação de preço: sistemas de armazenamento podem tirar proveito das variações de preços da energia durante o dia. O mesmo consiste na carga (compra, ou a não exportação de energia) da bateria quando o preço da eletricidade é baixo e, em seguida, descarga (utilização, ou venda da energia) quando o preço é alto. Esta aplicação complementa a anterior, pois períodos de baixa e alta de preços coincidem com períodos de baixa e de pico de procura, respetivamente.
- Integração renovável: os recursos renováveis são imprevisíveis e não se alinham com padrões de pico de carga típicos. Ter um dispositivo de armazenamento irá permitir o armazenamento e descarga de produção renovável, facilitando uma maior utilização da energia produzida.
- Transmissão e distribuição (T & D): a instalação de sistemas de armazenamento domésticos pode ajudar a adiar a instalação ou atualização de linhas ou subestações de T & D, onde a capacidade da rede está sendo alcançada. Isso ocorre, pois, a

utilização da rede é reduzida nos períodos em que o custo da energia é mais alto, e tais períodos são os mesmos em que a rede fica mais congestionada.

- Centrais de pico: A necessidade de instalação de novas centrais para atender a procura de pico é reduzida, pois, pelo mesmo motivo que descrito anteriormente há uma diminuição na utilização da rede nos períodos de pico.

Como pode ser visto a utilização de sistemas de armazenamento de energia traz benefícios tanto ao consumidor como à rede de energia.

2.1.3. VEÍCULO ELÉTRICO

Os veículos elétricos (VEs) estão emergindo como uma solução alternativa confiável ao motor de combustão interna, com a vantagem de ser uma boa forma de reduzir emissões de CO₂, assim como diminuir a dependência de fontes de energia fóssil [14]. Várias marcas de automóveis já dispõem de veículos elétricos, e estão sucessivamente lançando novos modelos, pelo que a participação no mercado dos VEs irá aumentar rapidamente no futuro [15].

Nas cidades da Europa Ocidental uma média de 41km é dirigida por pessoa e por veículo [14]. Portanto os veículos elétricos em geral possuem o potencial de suprir as necessidades diárias de transporte automotivo utilizando apenas sua bateria.

Através da possibilidade de operação dos veículos elétricos em modo V2H e V2G, os mesmos se tornam um recurso para auxiliar na gestão de energia. Dessa forma os VEs possuem a capacidade de desempenhar tanto o papel de fonte de energia (descarregando sua bateria quando conectado) como o papel de carga (carregando sua bateria). Portanto, os veículos elétricos também podem ser vistos como unidades de armazenamento, com capacidade para armazenar energia quando existe excesso de produção ou quando os preços da energia são baixos [16]. No entanto o VE fica conectado à residência, em sua maior parte no período da noite, ficando indisponível como um dispositivo de armazenamento durante grande parte do dia.

2.2. TARIFAS DE ENERGIA

Em Portugal atualmente as tarifas de energia são estáticas, onde os preços são pré-definidos por um período completo (normalmente anual). No entanto a Entidade Reguladora dos

Serviços Energéticos (ERSE) pretende introduzir um sistema de tarifa dinâmica que reflita com maior flexibilidade as variações na oferta de energia do sistema elétrico.

As tarifas estáticas disponíveis aos consumidores residenciais atualmente (2016) em Portugal são, tarifa simples, bi-horária e tri-horária.

2.2.1. TARIFA SIMPLES

A tarifa simples possui preços únicos, sem qualquer variação em função do tempo. A tarifa simples apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens: estrutura simples e que os consumidores estão habituados e não é necessário realizar a troca do equipamento medidor de energia.
- Desvantagens: o preço é fixo independente dos custos de fornecimento e não é capaz de intervir na potência em períodos de pico, pois não oferece uma diferenciação no preço da energia.

2.2.2. TARIFAS *TIME-OF-USE*

Para esse tipo de tarifa, os preços são fixados de acordo com um calendário específico, com um valor que é predeterminado para cada período temporal e estático durante todo o período de aplicação. Numa tarifa ToU o preço é mais alto durante as horas, dias e estações previstas de ponta, refletindo os custos da oferta. As ToU são previsíveis quanto ao seu valor e quanto aos períodos do dia de cada um dos preços. Em Portugal, as tarifas ToU de acesso às redes existentes são tarifa bi-horária e tri-horária. As tarifas ToU apresentam as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens: promovem a transferência da potência para períodos fora da ponta, têm uma estrutura simples, previsível e fácil de entender por parte dos consumidores [17].
- Desvantagens: os preços não são ajustados com base nas alterações dos verdadeiros custos de fornecimento, sendo baseadas em previsões do diagrama de consumo. Não oferecem uma diferenciação do preço da energia nas pontas tão grande como no caso das tarifas dinâmicas, uma vez que o preço da ponta é uma média baseada num grande número de horas [17].

2.2.3. TARIFA DAP

A tarifa *Day-Ahead-Pricing* (DAP) é um tipo de tarifa dinâmica, pois, os preços variam de hora em hora, ou noutros intervalos curtos, normalmente associadas a variações nos preços de mercado das *commodities* ou de energia grossista. Os participantes são avisados sobre os preços horários, com um dia de antecedência. Na maioria das indústrias em que os custos são bastante voláteis, os preços de venda a clientes finais ajustam-se rapidamente, para refletirem mudanças no preço grossista do bem (por exemplo na aviação). Tipicamente, só os grandes consumidores enfrentam preços horários, no entanto, alguns comercializadores oferecem esta hipótese também a clientes residenciais. As tarifas DAP apresentam as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens: maior precisão na forma como os preços refletem os custos e sinal de preço dinâmico que responde às mudanças das condições de mercado [17].
- Desvantagens: sem tecnologias de automação é difícil para os clientes responder às mudanças de preço numa base horária, a implementação é mais dispendiosa e os preços são mais voláteis na fatura final do cliente [17].

2.3. ESTADO DA ARTE

Há diversos estudos recentes a respeito da gestão de energia em consumidores domésticos, envolvendo produção PV, sistemas de armazenamento de energia e veículos elétricos.

O trabalho realizado por [18] apresenta uma gestão pelo lado da procura (DSM) para gerenciar a carga residencial em uma situação de fornecimento intermitente da rede, coordenando componentes como a rede, painéis solares, banco de baterias e a demanda da carga. Nesse estudo mesmo com uma alta quantidade de quedas no fornecimento de energia com a DSM foi possível assegurar fornecimento de energia o dia todo. Foi possível também uma redução no dimensionamento da instalação de painéis solares e baterias, diminuindo o custo do sistema de backup. Em [19] é estudada a automatização integrada de DR, PV e armazenamento através de gelo. O trabalho mostra que a introdução do armazenamento permite reduzir o pico da procura de eletricidade, porém aumenta o consumo de energia. O estudo de [20] propõe um sistema de gestão de energia que combina estratégias de DSM para minimizar o custo para o consumidor e reduzir o consumo da rede. Isso foi realizado

através do escalonamento dos aparelhos domésticos e a utilização de painéis solares e um sistema de armazenamento sob uma tarifa ToU.

O trabalho de [21] apresenta uma metodologia para o dimensionamento de um sistema PV e de armazenamento de energia para uma casa inteligente. O perfil de carga da mesma é afetado pelo sistema de gestão de energia que opera sob um DR baseado em preço dinâmico. O sistema de gestão de energia considera uma instalação PV de pequena escala, um veículo elétrico com capacidade de operação em modo V2H e V2G e um sistema de armazenamento de energia. Em [22] um modelo de otimização para o escalonamento da operação dos equipamentos de uma casa foi proposto. O modelo considera uma tarifa ToU, produção PV e um veículo elétrico que está sempre conectado à casa e possui capacidade de operação em modo V2H.

Em [23] um sistema de gestão de energia é desenvolvido, considerando aparelhos inteligentes, um veículo elétrico e um preço dinâmico para a energia elétrica. O sistema faz o agendamento dos períodos de funcionamento dos equipamentos e do carregamento do EV. Porém não é considerada a capacidade de o veículo operar em modo V2H e V2G. No trabalho de [24] é mostrado um sistema de gestão de energia com base em controle preditivo que considera incertezas na previsão de produção de energia, consumo e preço. O sistema contempla aparelhos inteligentes, sistema de armazenamento de energia, veículo elétrico com capacidade de operar em modo V2H e uma unidade de cogeração (CHP). O estudo de [3] faz uma análise económica do facturamento de energia considerando diferentes tarifas disponíveis na Califórnia e a utilização ou não, de produção PV e baterias para armazenamento de energia.

O estudo de [25] propõe uma abordagem robusta para lidar com a incerteza da produção de energia fotovoltaica para o escalonamento da carga de uma casa inteligente. É considerado além da produção PV um veículo elétrico e uma tarifa em tempo real para a compra de energia. Em [26] é realizada uma investigação de um sistema de gestão de energia residencial com estratégias de DR baseadas em preço dinâmico e limitação de pico de potência. O estudo considera uma produção distribuída PV de pequena escala, um veículo elétrico com capacidade de operação em modo V2H e V2G e um sistema de armazenamento de energia elétrica.

No trabalho de [27] foi feito um sistema de DSM para otimizar a programação de um sistema PV de pequena escala e um sistema de armazenamento. Foi utilizada uma tarifa ToU e foi desenvolvido um modelo para reduzir o custo de eletricidade para o consumidor. Em [28] é feita uma demonstração em hardware de um sistema de gestão de energia. Tal sistema considera uma produção PV em pequena escala, um sistema de armazenamento e uma estratégia de DR baseada em preço dinâmico.

O trabalho de [29] apresenta uma metodologia para o dimensionamento de um sistema PV e de armazenamento de energia para uma casa inteligente. O sistema de gestão de energia considera uma estratégia de DR, uma instalação PV de pequena escala e um sistema de armazenamento de energia. Em [30] foi considerado um sistema de gestão de energia para agendar o momento de carregamento de um veículo elétrico. O sistema considera uma produção PV, armazenamento de energia e diferentes programas de DR, como tarifa ToU, tarifa em tempo real e redução. No entanto o estudo não considera a possibilidade de o EV operar em modo V2H e V2G, o que pode colaborar na redução do consumo de energia da rede em momentos em que o preço da energia é alto.

[31] desenvolveu um algoritmo de escalonamento para os equipamentos domésticos funcionarem, assim como minimizar o custo do facturamento de eletricidade com base em uma tarifa variável conforme a hora. É utilizada programação linear para fazer um escalonamento determinístico que não considera incertezas. Para lidar com as incertezas da hora de funcionamento dos equipamentos e do consumo de energia dos mesmos, uma técnica de escalonamento estocástica é utilizada. Para o método determinístico foi obtida uma economia de 45% e para o método estocástico de 41%. Os estudos de [32] e [33] apresentam uma estratégia de gestão de energia residencial considerando tanto aparelhos inteligentes como o carregamento de um veículo elétrico de forma a responder a um evento de DR na forma de redução de consumo. Os trabalhos apresentam o algoritmo e uma demonstração em hardware respetivamente. O trabalho realizado por [34] aplicou um sistema de gestão de energia para uma residência, incluindo produção PV e armazenamento de energia. O sistema consegue através de estratégias de transferência de carga maximizar o consumo da energia gerada através de PV, porém o impacto de preços variáveis e outras estratégias de DR não foram considerados.

Em [35] é realizado um escalonamento de aparelhos inteligentes e de um veículo elétrico, considerando o preço dinâmico para a energia. É realizada uma comparação entre uma

otimização estocástica e uma otimização robusta. O estudo de [36] apresenta o projeto do hardware de um sistema de gestão de energia de uma casa inteligente. O sistema proposto considera um preço da energia em tempo real, aparelhos inteligentes e um veículo elétrico. No entanto não é considerado que o EV possua capacidade de operação em modo V2H e V2G. O trabalho de [37] foca em determinar quando cada aparelho será ligado e desligado, assim como os períodos de carga e descarga da bateria e do veículo elétrico para reduzir o custo de energia ao consumidor. A tarifa utilizada foi a ToU, dessa forma o custo foi reduzido, porém um novo pico pode ser criado em momentos em que o preço da energia é baixo.

2.4.CONCLUSÕES

Neste capítulo foram apresentados os recursos energéticos de uma residência, as tarifas de energia praticadas em Portugal e que serão utilizadas no trabalho e um breve estado da arte em relação aos sistemas de gestão de energia.

Os recursos energéticos analisados são a produção de energia por meio fotovoltaico, o armazenamento de energia através de baterias residenciais e o veículo elétrico que também pode ser considerado como um dispositivo de armazenamento.

As tarifas de energia utilizadas no trabalho foram a tarifa simples, tarifa bi-horária e tarifa DAP. As duas primeiras já estão disponíveis ao consumidor, no entanto a ERSE pretende introduzir um sistema de tarifa dinâmico em Portugal.

O estado da arte mostra os recentes estudos realizados envolvendo gestão de energia para consumidores domésticos com a utilização de painéis fotovoltaicos, sistemas de armazenamento e veículos elétricos.

3. MODELAÇÃO DO PROBLEMA DE GESTÃO

O sistema de gestão regula a operação dos processos de carga e descarga da bateria e do veículo elétrico, além da energia que é comprada e vendida para a rede, de modo a obter o menor custo para o utilizador. É apresentada neste capítulo a função objetivo, bem como as restrições do problema e os métodos para a definição dos pesos da função objetivo para cada modalidade tarifária.

Na Figura 3.1 é apresentado um diagrama geral do modelo do problema de gestão. Nele é possível observar os dados de entrada, as restrições que são aplicadas e as variáveis de decisão.

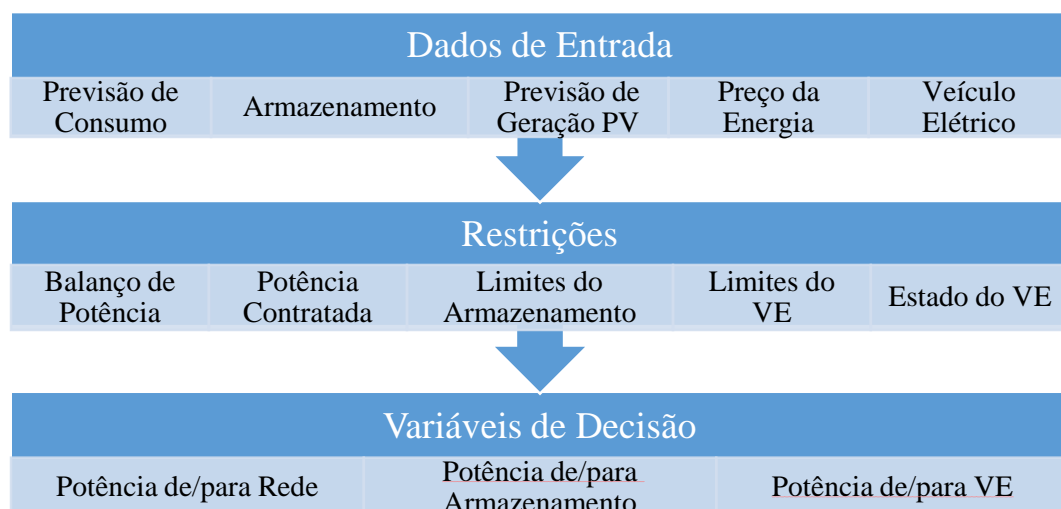


Figura 3.1 – Diagrama geral do modelo do problema de gestão

A partir de outubro de 2014 em Portugal, quando foi publicado o Decreto-Lei n.º 153/2014, a remuneração para o autoconsumo da venda da energia produzida e não consumida foi alterada. A remuneração é agora calculada a partir da equação (3.1).

$$R_{UPAC, m} = E_{fornecida, m} \times OMIE_m \times 0,9. \quad (3.1)$$

Onde, $R_{UPAC, m}$ é a remuneração da eletricidade fornecida à rede elétrica de serviço público (RESP) no mês ‘m’ em €, $E_{fornecida, m}$ é a energia fornecida no mês ‘m’ em kWh e $OMIE_m$ é o valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês ‘m’, em €/kWh. Temos então que o preço que a rede paga pela energia é de 90% do valor do $OMIE_m$, sendo que o mesmo, desde 2014, nunca foi superior a 0,06 €/kWh [38]. O preço de energia elétrica dos comercializadores disponíveis em Portugal em 2016 e o *Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor* (PVPC), disponível na Espanha com uma tarifa do tipo DAP, desde 2014, não é inferior a 0,07 €/kWh [39][40]. Sendo assim, a venda de energia à rede deve ser realizada apenas quando não for possível consumir ou armazenar a mesma.

A modelação do problema foi efetuada em MATLAB, utilizando a plataforma de otimização TOMLAB. O problema modelado foi do tipo programação inteira mista (MIP) e o solver utilizado foi o CPLEX.

3.1.FUNÇÃO OBJETIVO

O objetivo do sistema é minimizar o custo do facturamento diário de energia. Para tal, deve ser utilizada uma função objetivo que leve em consideração a utilização da energia em períodos futuros. Isso deve ocorrer pois a decisão do fluxo de energia para cada dispositivo ocorre no início de cada período. Dessa forma, a minimização não pode ser realizada em função dos custos, pois assim a utilização da energia em períodos futuros não seria considerada. Para tal, foi realizada uma minimização em função da energia, conforme a equação (3.2), que possui diversas variáveis de potência que multiplicadas pelo tempo de cada período permitem a minimização da energia. O valor de $P_{rede}(t)$ se refere à potência solicitada da rede, $P_{bat}^{desc}(t)$ é a potencia a ser descarregada da bateria residencial e $P_{VE}^{desc}(t)$ é a potência a ser descarregada do veículo elétrico, $P_{bat}^{carga}(t)$ é a potência com a qual a bateria residencial deve carregar, $P_{VE}^{carga}(t)$ é a potência com que o veículo elétrico deve carregar e $P_{venda}(t)$ é a potência a ser vendida para a rede. O índice “t” representa o período para o qual serão realizados os cálculos. O valor de dt é constante e representa o tempo em horas de cada

período. As variáveis λ representam o peso que cada parcela terá na minimização e pode ser variável conforme o período. Como é esperado, nos casos de estudo em que a bateria ou o veículo elétrico não são considerados, suas respectivas variáveis são retiradas da equação.

$$\begin{aligned} \text{Min } & P_{\text{rede}}(t) * dt * \lambda_{\text{rede}}(t) + P_{\text{bat}}^{\text{desc}}(t) * dt * \lambda_{\text{bat}}^{\text{desc}}(t) \\ & + P_{\text{VE}}^{\text{desc}}(t) * dt * \lambda_{\text{VE}}^{\text{desc}}(t) - P_{\text{bat}}^{\text{carga}}(t) * dt * \lambda_{\text{bat}}^{\text{carga}}(t) - \\ & P_{\text{VE}}^{\text{carga}}(t) * dt * \lambda_{\text{VE}}^{\text{carga}}(t) - P_{\text{venda}}(t) * dt * \lambda_{\text{venda}}(t) . \end{aligned} \quad (3.2)$$

3.2.RESTRIÇÕES DA REDE

As restrições respectivas à rede são, a respeito do balanço de potência e da potência comprada e vendida à rede. A restrição do balanço de potência diz que a soma de toda a potência fornecida menos toda a potência consumida deve ser igual a zero, como mostrado na equação (3.3). O valor de $P_{\text{pv}}(t)$ é a potência gerada pelos painéis fotovoltaicos instalados e $P_{\text{carga}}(t)$ é a potência total das cargas da casa.

$$P_{\text{rede}}(t) + P_{\text{pv}}(t) + P_{\text{bat}}^{\text{desc}}(t) + P_{\text{VE}}^{\text{desc}}(t) - P_{\text{carga}}(t) - P_{\text{bat}}^{\text{carga}}(t) - P_{\text{VE}}^{\text{carga}}(t) - P_{\text{venda}}(t) = 0 . \quad (3.3)$$

Outra restrição é a respeito da potência máxima que pode ser solicitada da rede, conforme (3.4). Essa restrição ocorre devido à potência contratada com o fornecedor.

$$P_{\text{rede}}(t) \leq P_{\text{rede}}^{\text{max}} . \quad (3.4)$$

As equações (3.5) e (3.6) impõem que a potência solicitada da rede e a potência vendida à rede em cada período não devem ser negativas. Tais variáveis foram utilizadas de forma a facilitar a separação entre a energia vendida e a energia comprada da rede.

$$P_{\text{rede}}(t) \geq 0 . \quad (3.5)$$

$$P_{\text{venda}}(t) \geq 0 . \quad (3.6)$$

3.3.RESTRIÇÕES DA BATERIA

As restrições referentes à bateria residencial são utilizadas para os casos de estudo em que é considerada a utilização da mesma. Tais restrições estão relacionadas com a potência máxima de carga e descarga da bateria e com a quantidade máxima e mínima de energia que a bateria pode armazenar. A equação (3.7) limita a potência fornecida à bateria para realizar o carregamento da mesma. O valor de $P_{\text{bat}}^{\text{max}}$ é uma constante obtida de acordo com os dados do fabricante da bateria e $X_{\text{bat}}^{\text{carga}}$ é uma variável binária que possui o valor 1 quando a

bateria está a carregar e 0 caso não esteja. Em (3.8) é restringida a possibilidade de uma carga negativa na bateria. Com essas restrições, se a bateria está a carregar o valor da potência para tal é limitada pelos dados do fabricante, caso contrário a potência para o carregamento deve ser zero.

$$P^{carga}_{bat}(t) - P^{max}_{bat} * X^{carga}_{bat}(t) \leq 0 . \quad (3.7)$$

$$P^{carga}_{bat}(t) \geq 0 . \quad (3.8)$$

As equações (3.9) e (3.10) limitam a potência de descarga da bateria da mesma forma que as equações anteriores limitam a potência de carga. A variável X^{desc}_{bat} é binária e possui o valor 1 quando a bateria está a descarregar e 0 caso não.

$$P^{desc}_{bat}(t) - P^{max}_{bat} * X^{desc}_{bat}(t) \leq 0 . \quad (3.9)$$

$$P^{desc}_{bat}(t) \geq 0 . \quad (3.10)$$

Em (3.11) é imposto um limite para a energia máxima que pode ser armazenada na bateria. O valor de ECB é a eficiência de carga da bateria e é uma característica da mesma, E^{max}_{bat} é a capacidade de armazenamento de energia da bateria e $E^{inic}_{bat}(t)$ é a quantidade de energia presente na bateria no início do período t, onde esse valor é atualizado ao final de cada período.

$$P^{carga}_{bat}(t) * dt * ECB \leq E^{max}_{bat} - E^{inic}_{bat}(t) . \quad (3.11)$$

Na equação (3.12) é restringida a energia que pode ser descarregada da bateria, para que sempre haja uma quantidade mínima. O valor de E^{min}_{bat} é uma constante e indica a energia mínima que deve ser mantida na bateria para que a mesma não seja danificada e EDB é a eficiência de descarga da bateria.

$$P^{desc}_{bat}(t) * dt \leq [E^{inic}_{bat}(t) - E^{min}_{bat}] * X^{desc}_{bat}(t) * EDB . \quad (3.12)$$

Por fim, a equação (3.13) impede que a bateria seja carregada e descarregada ao mesmo tempo.

$$X^{carga}_{bat}(t) + X^{desc}_{bat}(t) \leq 1 . \quad (3.13)$$

3.4.RESTRIÇÕES DO VEÍCULO ELÉTRICO

As restrições referentes ao VE são utilizadas para os casos de estudo em que é considerada a utilização do mesmo. Tais restrições estão relacionadas com a potência máxima de carga e descarga do veículo e com a quantidade máxima e mínima de energia que o veículo deve armazenar. A equação (3.14) limita a potência fornecida ao veículo para realizar o carregamento do mesmo. O valor de P_{VE}^{max} é uma constante obtida de acordo com os dados do fabricante do veículo e X_{VE}^{carga} é uma variável binária que possui o valor 1 quando o veículo está a carregar e 0 caso não esteja. Em (3.15) é restringida a possibilidade de uma carga negativa no VE. Com essas restrições, se o VE está a carregar o valor da potência para tal é limitada pelos dados do fabricante, caso contrário a potência para o carregamento deve ser zero.

$$P_{carga_{VE}}(t) - P_{VE}^{max} * X_{VE}^{carga}(t) \leq 0 . \quad (3.14)$$

$$P_{carga_{VE}}(t) \geq 0 . \quad (3.15)$$

As equações (3.16) e (3.17) limitam a potência de descarga do VE da mesma forma que as equações anteriores limitam a potência de carga. A variável X_{VE}^{desc} é binária e possui o valor 1 quando o VE está a descarregar e 0 caso não.

$$P_{desc_{VE}}(t) - P_{VE}^{max} * X_{VE}^{desc}(t) \leq 0 . \quad (3.16)$$

$$P_{desc_{VE}}(t) \geq 0 . \quad (3.17)$$

Em (3.18) é imposto um limite para a energia máxima que pode ser armazenada no veículo elétrico. O valor de dt é constante e representa o tempo em horas de cada período, $ECVE$ é a eficiência de carga do VE e é uma característica do mesmo, E_{VE}^{max} é a capacidade de armazenamento de energia do veículo e $E_{VE}^{inic}(t)$ é a quantidade de energia presente no VE no início do período t , esse valor é atualizado ao final de cada período.

$$P_{carga_{VE}}(t) * dt * ECVE \leq E_{VE}^{max} - E_{VE}^{inic}(t) . \quad (3.18)$$

O veículo possui um estado de carga mínimo que é necessário para que o usuário possa utilizá-lo diariamente, além de evitar danificar a bateria do VE. Como há um limite na potência de carregamento do VE, o sistema deve garantir uma certa energia no veículo conforme o momento em que o veículo será utilizado se aproxima. A equação (3.19) impõe

essa garantia, onde $E^{\min}_{VE}(t)$ é a quantidade de energia deve estar armazenada no veículo ao final do período t .

$$P^{carga}_{VE}(t) \cdot dt \cdot EC_{VE} + E^{inic}_{VE}(t) \geq E^{\min}_{VE}(t) . \quad (3.19)$$

Na equação (3.20) é restringida a energia que pode ser descarregada do VE, para que seja respeitada a quantidade mínima de energia no veículo ao final do período t . O valor de ED_{VE} é a eficiência de descarga do VE.

$$P^{desc}_{VE}(t) \cdot dt \leq [E^{inic}_{VE}(t) - E^{\min}_{VE}(t)] \cdot X^{desc}_{VE}(t) \cdot ED_{VE} . \quad (3.20)$$

A variável X^{aus}_{VE} é binária e recebe o valor 1 se o veículo estiver ausente e 0 caso contrário. A equação (3.21) permite que apenas uma das variáveis seja igual a 1, ou seja, o veículo pode estar ausente ou a carregar ou a descarregar.

$$X^{aus}_{VE}(t) + X^{carga}_{VE}(t) + X^{desc}_{VE}(t) \leq 1 . \quad (3.21)$$

3.5. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA SIMPLES

Para a tarifa simples, como não há alteração do preço da energia, os valores do peso que cada parcela possui na função objetivo são fixos. Os pesos utilizados foram $\lambda_{rede}=5$, $\lambda^{desc}_{bat}=4$, $\lambda^{desc}_{VE}=6$, $\lambda^{carga}_{bat}=2$, $\lambda^{carga}_{VE}=3$, $\lambda_{venda}=1$. Como é uma função de minimização, para os termos positivos quanto maior o peso mais o parâmetro referente será minimizado, e para os termos negativos quanto maior o peso mais o parâmetro será maximizado. O veículo elétrico e a bateria possuem uma certa eficiência de carga e descarga, o que significa que há perdas de energia sempre que um desses processos ocorre. Portanto a utilização desses dispositivos deve ocorrer apenas quando houver uma diferença entre os preços da energia nos momentos de carga e descarga ou quando for necessário, como é o caso do veículo elétrico. Por esse motivo o peso de descarga do VE é o maior, evitando que a energia armazenada no veículo seja utilizada para suprir o consumo. É preferível utilizar a energia contida na bateria antes de solicitar à rede, por isso o peso de descarga da bateria é inferior ao peso da rede, dá-se preferência à carga do VE antes da bateria, pois o mesmo necessita obrigatoriamente de uma carga em um determinado momento do dia, por isso o peso de carga do veículo é maior que o da bateria e, por fim, a venda de energia é utilizada apenas como último recurso, quando não há onde armazenar o excesso de energia produzida. A função objetivo para a tarifa simples fica como mostrado na equação (3.22).

$$\text{Min } P_{\text{rede}}(t) \cdot dt \cdot 5 + P_{\text{desc_bat}}^{\text{desc}}(t) \cdot dt \cdot 4 + P_{\text{desc_VE}}^{\text{desc}}(t) \cdot dt \cdot 6 - P_{\text{carga_bat}}^{\text{carga}}(t) \cdot dt \cdot 2 - P_{\text{carga_VE}}^{\text{carga}}(t) \cdot dt \cdot 3 - P_{\text{venda}}(t) \cdot dt \cdot 1. \quad (3.22)$$

3.6. MÉTODO DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA BI-HORÁRIA

Para a definição dos pesos da função objetivo da tarifa bi-horária foi considerado que há uma previsão da carga e da produção fotovoltaica para cada período. Tal previsão é obtida no início de cada dia, ou seja, à meia noite, com uma margem de erro de 15%, para mais ou para menos. Com base nessa previsão é realizado um cálculo para determinar a quantidade de energia que poderá ser armazenada caso haja excesso de produção fotovoltaica relativamente ao consumo em cada período. Esse cálculo é realizado no início de cada dia. O método para a definição dos pesos é mostrado no diagrama da Figura 3.2 e explicado a seguir.

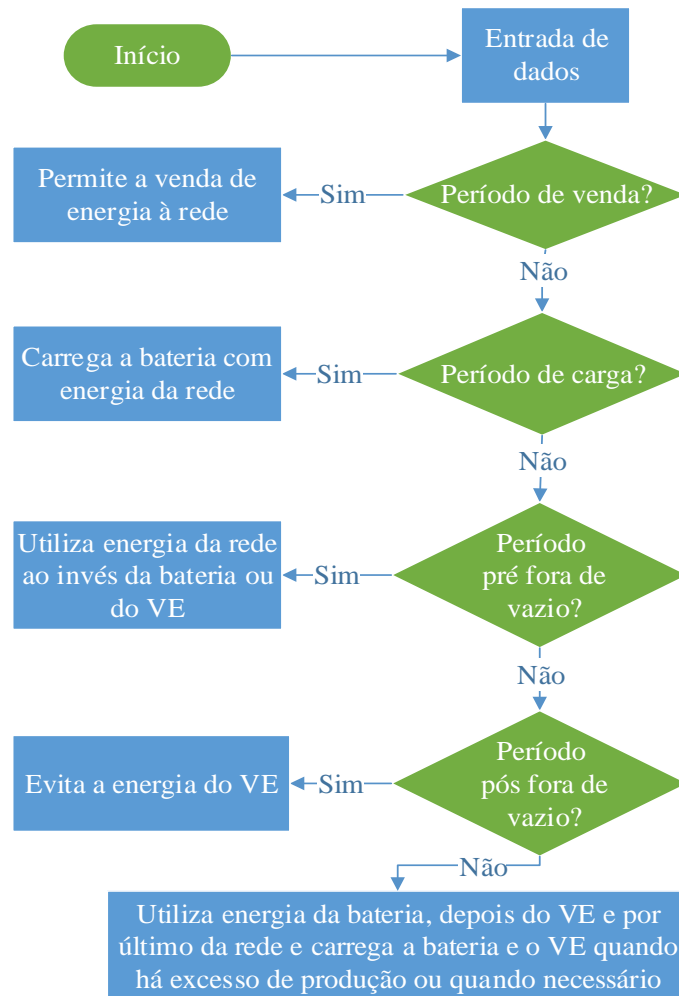


Figura 3.2 - Diagrama do método de definição dos parâmetros da função objetivo da tarifa bi-horária

3.6.1. PERÍODOS DE VENDA

Para cada período é realizada uma verificação para identificar se o armazenamento da bateria residencial e o do veículo estão cheios. Caso estejam e a produção fotovoltaica for superior ao consumo, são atribuídos pesos para a função objetivo de forma a permitir que seja realizada a venda de energia à rede. O requisito de o armazenamento do VE não é um problema, mesmo se o veículo estiver ausente pois o sistema guarda a informação do estado de carga do último período que o mesmo estava presente. A verificação realizada garante que apenas quando houver excesso de produção e não houver modo de armazenar a energia é que a mesma será vendida à rede, pois como mostrado anteriormente a remuneração da energia vendida é baixa, não sendo vantajoso economicamente.

3.6.2. PERÍODOS DE CARGA

Se a situação anterior não ocorrer o sistema verifica se o período se encontra antes do início das horas de fora de vazio e se a bateria possui uma capacidade de armazenamento disponível superior à soma da previsão de excesso da produção fotovoltaica naquele dia, ou seja, se a soma da energia na bateria com a previsão de excesso de produção for inferior à capacidade máxima de armazenamento da bateria. Caso tal situação ocorra o sistema carrega a bateria, com energia da rede, até que a soma da energia na bateria com o excesso previsto seja igual ou superior à capacidade de armazenamento. Isso é feito para que nos dias em que há pouca produção fotovoltaica a bateria seja carregada nos períodos de vazio de forma que a energia seja utilizada durante o dia, quando o preço da energia é mais alto, trazendo um benefício econômico.

3.6.3. PERÍODOS PRÉ FORA DE VAZIO

Se no período de vazio a bateria for carregada com a energia da rede, tal energia não deve ser utilizada até que tenha início o horário de fora de vazio. Dessa forma nos períodos que fazem parte das horas de vazio após a bateria ter sido carregada com a energia da rede, a mesma não é utilizada para suprir o consumo. O mesmo vale para o veículo elétrico, que não é utilizado nos períodos que estão em uma hora de vazio. É utilizada apenas energia da rede para suprir todo o consumo da residência, evitando descarregar a bateria residencial e o veículo.

3.6.4. PERÍODOS PÓS FORA DE VAZIO

Algumas horas antes do fim do dia o horário de fora de vazio acaba e o preço da energia volta a ser mais baixo. A partir desse momento o sistema passa a evitar a utilização da energia armazenada no veículo elétrico e prefere a utilização da energia armazenada durante o dia na bateria e da rede. Isso é feito para que não haja custos desnecessários com perdas durante a descarga e posterior carga do veículo elétrico.

3.6.5. PERÍODOS REMANESCENTES

Se nenhuma das situações anteriores se aplicar ao período, são atribuídos pesos de forma que o sistema utiliza, caso necessário, primeiro a energia da bateria, em seguida do veículo, se o mesmo estiver presente, e por fim da rede. É dada prioridade ao carregamento do VE sobre a bateria, e tal ocorre apenas quando a produção fotovoltaica excede o consumo ou quando é necessário para atender as restrições de energia mínima do veículo conforme a hora em que o mesmo deixa a residência se aproxima.

3.7.MÉTODO DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA A TARIFA DAP

Para a definição dos pesos da função objetivo da tarifa DAP foi considerado que há uma previsão da carga e da produção fotovoltaica para cada período. Tal previsão é obtida no início de cada dia, ou seja, à meia noite, com uma margem de erro de 15%, para mais ou para menos, os preços da energia para cada hora do dia são obtidos nesse mesmo momento.

O método para a definição dos pesos é mostrado no diagrama da Figura 3.3 e explicado a seguir.

3.7.1. CÁLCULOS REALIZADOS

Com base nessa previsão é realizado um cálculo para determinar a quantidade de energia que precisará ser armazenada caso haja excesso de produção fotovoltaica relativamente ao consumo em cada período. Esse cálculo é realizado no início de cada dia.

Em seguida, com base na previsão, é calculada a quantidade de energia para cada hora que não será suprida pela produção fotovoltaica, tal informação será utilizada mais adiante. É criado também um peso para a descarga da energia armazenada para cada hora do dia com base na normalização de 0 a 1 do preço da energia. Tal peso é maior quanto mais alto o preço

da energia para a hora correspondente. Os pesos são então ordenados em ordem decrescente para posterior utilização.

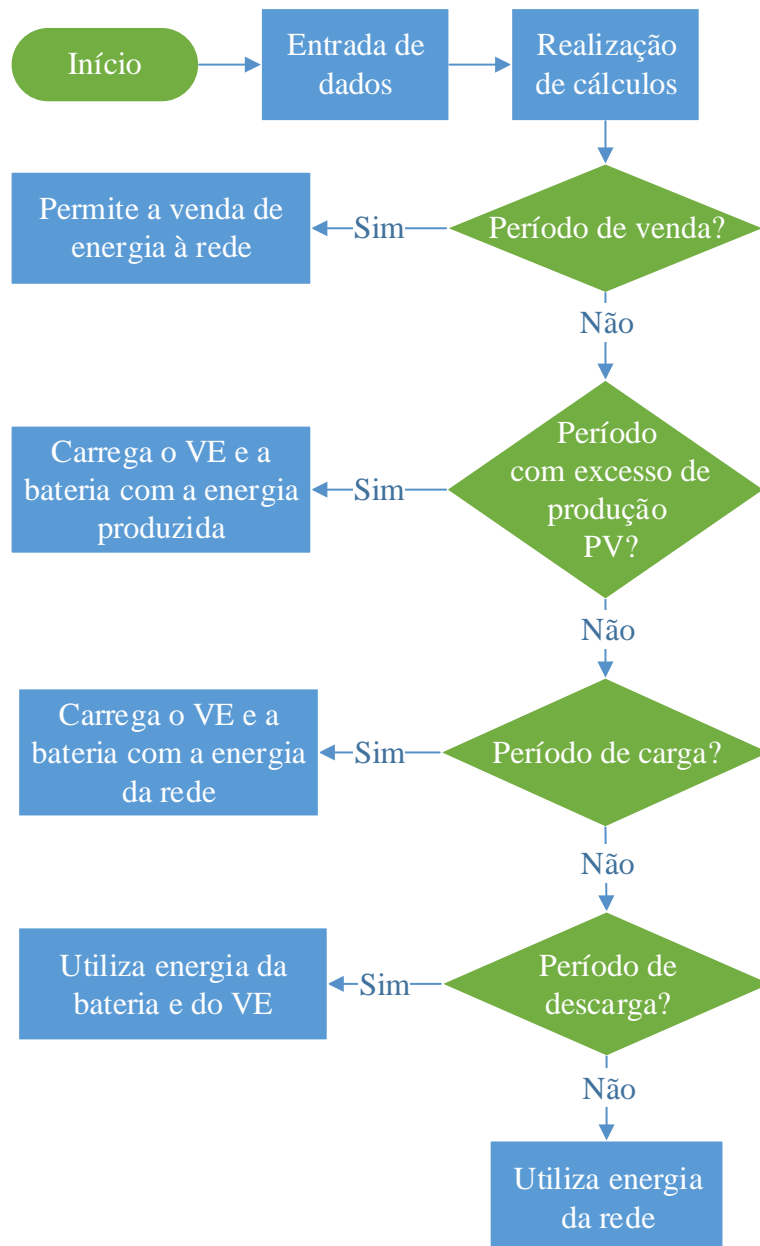


Figura 3.3 - Diagrama do método de definição dos pesos da função objetivo da tarifa DAP

São definidos pesos também para a carga do armazenamento de forma similar aos atribuídos à descarga. Porém, diferentemente da carga, temos que quanto mais baixo o preço da energia maior é o peso atribuído a determinada hora. Tais pesos também são ordenados de forma decrescente para posterior utilização.

A seguir é calculada a quantidade de horas em que a bateria irá carregar naquele dia. O mesmo é realizado a partir da capacidade de armazenamento da bateria e do excesso de

produção fotovoltaica esperado. A quantidade de horas que a bateria irá carregar é obtida realizando somas sucessivas da capacidade de carregamento por hora até que se atinja um valor superior à capacidade de armazenamento menos o excesso de produção PV. A quantidade de somas realizadas é a quantidade de horas que a bateria irá carregar.

É então calculado o número de horas que serão supridas pelo armazenamento. Tal cálculo é realizado com base no preço da energia, na previsão de consumo, previsão de produção fotovoltaica e na capacidade de armazenamento. Para determinar o número de horas, o consumo de energia não suprido pela produção PV é somada, em ordem das horas em que a energia é mais cara primeiro, até que a soma atinja a capacidade de armazenamento mais o excesso de produção PV diário. A quantidade de somas realizadas é a quantidade de horas que o sistema suprirá com a energia armazenada.

De acordo com o número de horas que serão supridas pelo armazenamento, a capacidade da bateria residencial, o excedente de produção fotovoltaica diária e a utilização diária do veículo é calculado o número de horas que o veículo será carregado.

Com base nos cálculos anteriores são determinados os pesos da função objetivo de acordo com as condições de cada período.

3.7.2. PERÍODOS DE VENDA

Inicialmente é feita a verificação se a bateria e o veículo estão totalmente carregados. Caso estejam e a produção PV for superior ao consumo os pesos são atribuídos de forma a permitir a venda de energia à rede. Tal verificação garante que a energia só será vendida à rede caso haja um excesso de produção e não seja possível armazenar mais energia.

3.7.3. PERÍODOS COM EXCESSO DE PRODUÇÃO

Caso haja excesso de produção PV em relação ao consumo, porém os sistemas de armazenamento não estejam cheios, os pesos são atribuídos de forma a carregar os mesmos. É priorizado o carregamento do veículo e em seguida da bateria residencial, porém tal carregamento ocorre apenas com a energia excedente da produção PV, sendo evitada a utilização de energia da rede neste momento.

3.7.4. PERÍODOS DE CARGA

Se os casos anteriores não ocorrerem é verificado se deve ser realizado o carregamento do veículo e da bateria residencial. O veículo é carregado nos períodos que possuem um peso para a carga superior ao peso mínimo para o carregamento do mesmo, tal peso mínimo é o ‘n-ésimo’ número na ordem decrescente dos pesos de carga calculados anteriormente. O mesmo processo é aplicado para verificar se a bateria residencial deve ser carregada. O valor de ‘n’ para o veículo é igual à quantidade de horas que o mesmo deve carregar. De modo análogo o valor de ‘n’ para a bateria é a quantidade de horas que a mesma deve carregar. Ambos são carregados com a energia proveniente da rede. Esses são os períodos em que o preço da energia está mais baixo, por isso é realizado o carregamento dos dispositivos de armazenamento.

3.7.5. PERÍODOS DE DESCARGA

O sistema verifica se no período deve ser utilizada a energia do armazenamento para suprir o consumo residencial. Tal verificação é realizada de forma muito similar à do carregamento. São utilizados os pesos para a descarga da energia armazenada. Se tais pesos forem superiores ao peso mínimo para a descarga então é utilizada a energia armazenada. Preferencialmente utiliza-se a energia da bateria, depois do veículo e somente se necessário é utilizada a energia da rede. Esses são os períodos em que o preço da energia está mais alto, por isso é utilizada a energia armazenada e evita-se a utilização da energia da rede

3.7.6. PERÍODOS REMANESCENTES

Se o período analisado não se enquadrar em nenhum dos casos descritos anteriormente o sistema atribui os pesos de forma a utilizar a energia da rede para suprir o consumo. Nesse caso é evitado o consumo da energia armazenada e também o carregamento dos dispositivos, a não ser que seja necessário carregar o veículo para que o mesmo tenha a carga que o utilizador necessita. Nesses períodos o preço da energia é intermediário, por isso evita-se a carga e descarga dos dispositivos.

3.8. CONCLUSÕES

Neste capítulo foi apresentado o modelo do problema de gestão dos recursos energéticos de uma residência. O problema é do tipo Programação Inteira Mista (MIP) e foi desenvolvido em linguagem MATLAB.

Inicialmente foi mostrada uma função objetivo geral que de acordo com os pesos atribuídos a cada variável possui a capacidade de mudar o comportamento do sistema de gestão. Em seguida foram apresentadas as restrições relacionadas ao fluxo de potência, capacidade da instalação, capacidade de potência da bateria e do veículo, capacidade de armazenamento da bateria e do veículo e quantidade mínima de energia armazenada.

Foram definidos os pesos para a função objetivo da tarifa simples e, os mesmos são fixos. Em seguida foram definidos os pesos para a tarifa bi-horária que dependem principalmente da tarifa que é aplicada em um determinado horário e do estado de carga da bateria residencial. Por último foram definidos os pesos para a função objetivo da tarifa DAP que definem os momentos de carga e descarga da bateria e do veículo elétrico. Tais pesos dependem principalmente do preço da energia em cada hora.

4. CASOS DE ESTUDO

Os casos de estudo diferem uns dos outros de acordo com os recursos utilizados (produção PV, armazenamento e VE). No entanto, será discutido dentro de cada caso de estudo a aplicação das diferentes modalidades de tarifa e o consumo e produção, nos que se aplicar, para as diferentes estações do ano. Os equipamentos considerados foram painéis de produção fotovoltaica, bateria residencial para armazenamento de energia e veículo elétrico. As modalidades de tarifa podem ser tarifa simples, tarifa bi-horária e tarifa DAP e as estações do ano consideradas são verão e inverno.

Os dados de consumo são referentes a uma casa com instalação monofásica de 10,35 kVA, onde habita uma família com 4 pessoas e possui um tempo de amostra de 15 minutos. Os dados foram obtidos de uma residência real em Portugal no ano de 2012, a semana de inverno considerada é entre os dias 23 e 29 de janeiro, e a semana de verão é entre os dias 20 e 26 de agosto. Os dados de produção fotovoltaica também são referentes a uma instalação real, do sistema PV do laboratório do Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD). A produção de verão e inverno são dos mesmos dias que as semanas de inverno e verão, porém do ano de 2013. Ambos os dados foram obtidos do banco de dados da IEEE [41]. Os dados de consumo da residência e de produção PV utilizados são mostrados no Anexo A.

A Tabela 4.1 resume cada caso de estudo desenvolvido, sendo que cada um tem as suas próprias características que o distingue dos restantes. Os casos de estudo sem produção PV e com bateria não serão estudados para a tarifa simples pois a utilização da mesma não se

traduz em benefícios económicos, servindo apenas para momentos de falta ou em resposta a eventos de DR que não serão considerados.

Tabela 4.1 – Caracterização dos casos de estudo

	Bateria	Produção fotovoltaica	Veículo elétrico
Caso de estudo 1			
Caso de estudo 2	X		
Caso de estudo 3		X	
Caso de estudo 4	X	X	
Caso de estudo 5			X
Caso de estudo 6	X		X
Caso de estudo 7		X	X
Caso de estudo 8	X	X	X

Foi feita uma escolha de mostrar apenas um dia para se obter uma melhor visualização da simulação. Em todos os casos será mostrado o mesmo dia para poder ser realizada uma comparação visual, o dia em questão será o segundo dia. O mesmo foi escolhido de forma a evitar uma interferência devido às condições iniciais que serão utilizadas nos casos mais adiante.

4.1.CASO DE ESTUDO 1

Nesse caso de estudo não é considerada a utilização de nenhum equipamento, ou seja, sem a utilização de produção fotovoltaica, sem bateria residencial para armazenamento de energia e sem um veículo elétrico. Esse caso de estudo será utilizado como base para a comparação com os outros casos em que não é considerado o veículo elétrico, portanto o sistema de gestão de energia não é implementado. Os dados utilizados são de uma residência de 10,35 kVA, porém o consumo utilizado nesse trabalho é todo em W. Para definir a potência máxima que pode ser solicitada da rede em W foi feita a multiplicação da potência contratada em voltampere pelo fator de potência da residência que é de 0,773. Portanto o valor da potência máxima que pode ser solicitada da rede é de 8 kW.

4.1.1. CASO DE ESTUDO 1 – TARIFA SIMPLES

Foi utilizada a tarifa simples mais barata encontrada no documento da ERSE referente aos Preços de Referência no Mercado Liberalizado de Energia Elétrica e Gás Natural em Portugal Continental [39], com um custo de 0,1551 €/kWh. Na Figura 4.1 é mostrado o

consumo da residência para o segundo dia da simulação no verão. Esse funcionamento leva a um custo de 13,52 € ao final de uma semana. A razão para apresentar esses valores monetários para este caso e para todos os casos que serão discutidos a seguir é para melhor apresentar os impactos da utilização do sistema de gestão de energia na redução do custo de energia elétrica. Tais valores monetários serão ainda utilizados para fornecer percentagens em relação à redução do custo para cada caso comparado a um caso base. Para fornecer uma análise comparativa de forma a apresentar os benefícios da metodologia proposta tais percentagens serão necessárias.

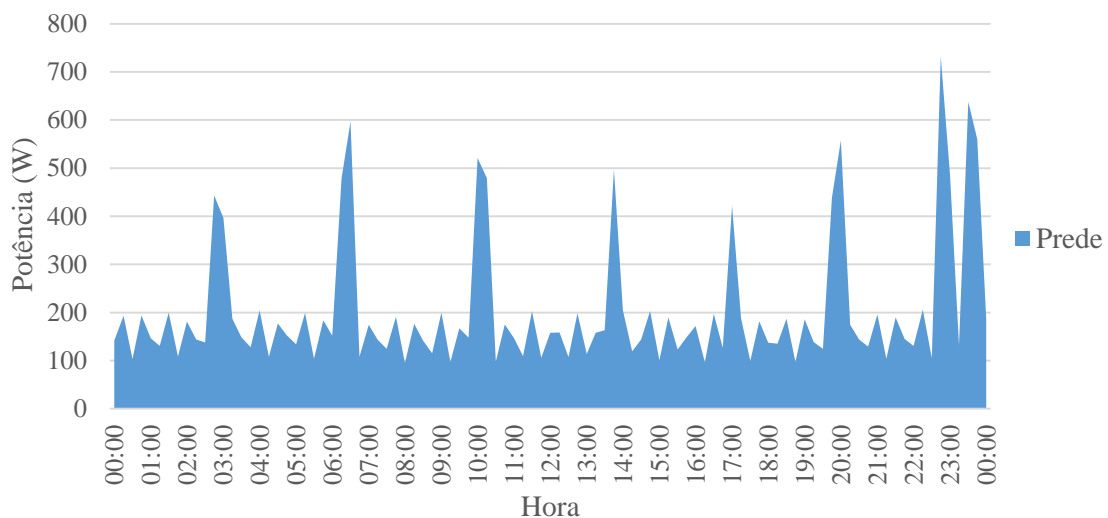


Figura 4.1 - Consumo da residência para o caso de estudo 1 no verão

Na Figura 4.2 é mostrado o consumo da residência para o segundo dia da simulação no inverno. O funcionamento leva ao final de uma semana a um custo de 23,67€.

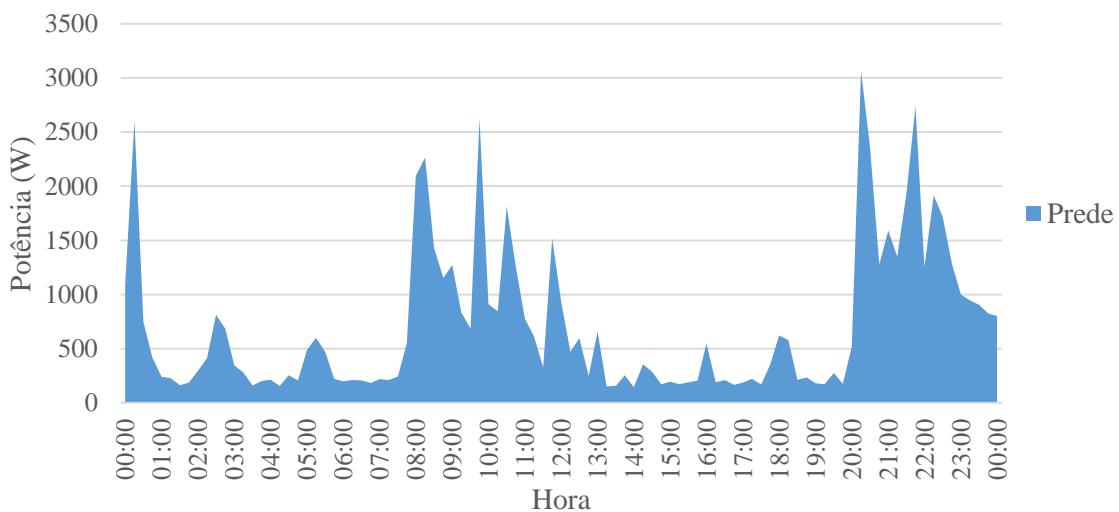


Figura 4.2 – Consumo da residência para o caso de estudo 1 no inverno

Pode-se notar que em relação ao verão o consumo é mais elevado, principalmente no período da manhã, entre as 8:00 e as 13:00, e no período da noite, a partir das 20:00. O pico de consumo nesse dia, que no verão foi de cerca de 700 W, no inverno chegou a 3000 W, um aumento de mais de 4 vezes.

4.1.2. CASO DE ESTUDO 1 – TARIFA BI-HORÁRIA

Para a tarifa bi-horária foi utilizada uma que também se encontra no documento da ERSE, citado na seção 4.1.1. A tarifa possui um valor de 0,0926€/kWh no período de vazio e 0,2064€/kWh no período de fora de vazio, como mostrado na Figura 4.3.

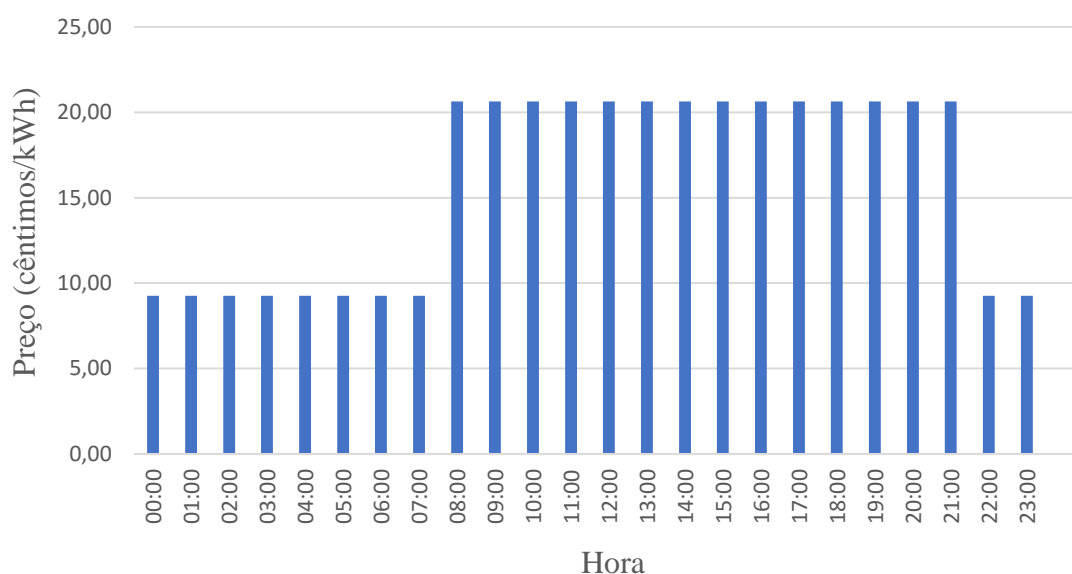


Figura 4.3 – Preço da tarifa bi-horária ao longo do dia

O consumo da residência permanece o mesmo, porém com a aplicação da tarifa bi-horária o custo ao final de uma semana no verão é de 14,16€, e no inverno de 26,74€.

4.1.3. CASO DE ESTUDO 1 – TARIFA DAP

Para a tarifa DAP foi utilizado como referência o PVPC praticado na Espanha. Os preços do mercado de energia espanhol são muito similares aos preços do mercado português, pois os dois sistemas são interligados. Portanto quando estiver disponível uma tarifa do tipo DAP em Portugal os preços devem ser muito similares, senão iguais, aos do mercado espanhol. Os preços para o verão foram obtidos entre os dias 20 e 26 de agosto no ano de 2015. Os preços da energia da tarifa DAP para a semana utilizada são mostrados no Anexo A. Os preços do segundo dia são mostrados na Figura 4.4.

Pode-se notar que não há muita variação no preço para esse dia, variando pouco mais de 2 cêntimos ao longo do dia. Porém os momentos onde o preço é mais elevado são próximo ao meio dia e no período da noite. O custo ao fim de uma semana no verão para essa tarifa é de 11,05€.

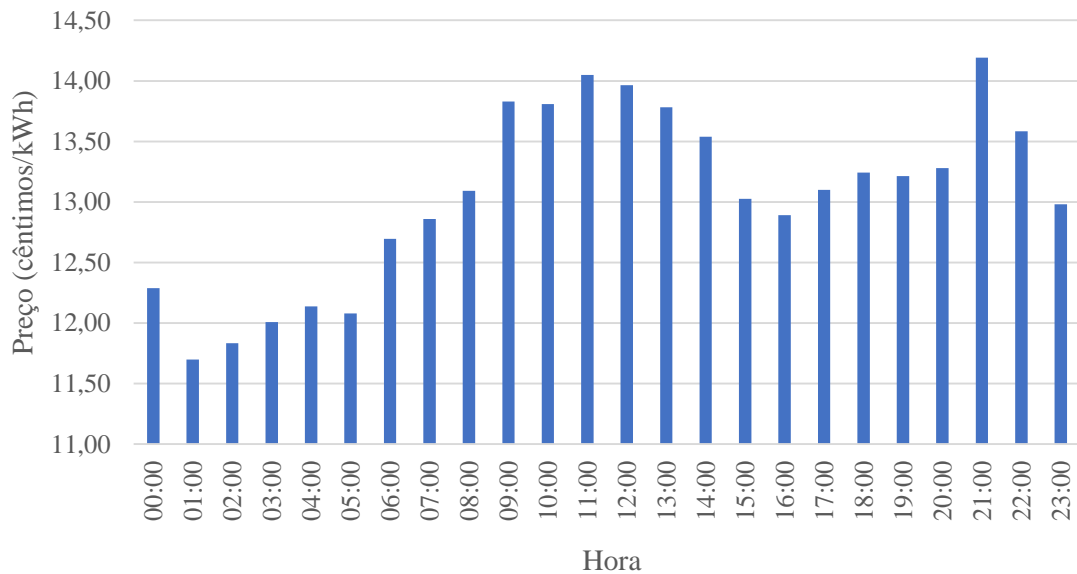


Figura 4.4 – Preço da tarifa DAP para o segundo dia de verão

Para a semana de inverno os preços foram obtidos entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2016. A Figura 4.5 mostra os preços da energia para o segundo dia dessa semana.

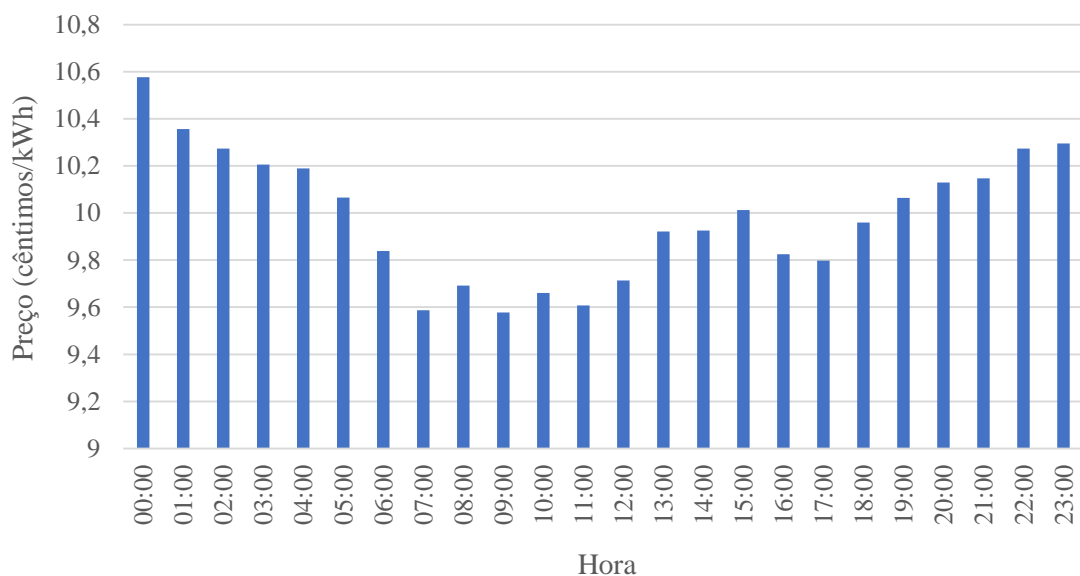


Figura 4.5 – Preço da tarifa DAP para o segundo dia de inverno

Nota-se que em relação ao verão os preços são mais baixos, que o custo da energia é mais alto no período da noite e que possui os menores custos pela manhã. Ao fim de uma semana no inverno o custo é de 16,94€.

4.2.CASO DE ESTUDO 2

Nesse caso de estudo é considerada a utilização de uma bateria residencial. O dispositivo considerado foi uma Powerwall da Tesla, que possui uma capacidade de armazenamento de 6,4 kWh. A taxa de carga e descarga é de 3,3 kW com uma eficiência de 0,94. A profundidade de descarga da bateria é de 100%, isso significa que toda a energia armazenada pode ser utilizada, não sendo necessário manter uma quantidade mínima para evitar danos. Assume-se que a bateria possua uma carga de 1,92 kWh, que representa 30% do total, no início do primeiro dia de funcionamento.

4.2.1. CASO DE ESTUDO 2 – TARIFA SIMPLES

Para a tarifa simples a utilização de um sistema de armazenamento de energia não altera em nada o consumo, pois não há momentos em que seja possível armazenar energia para ser utilizada posteriormente de forma a trazer benefícios económicos. Portanto para essa modalidade tarifária esse caso não será estudado.

4.2.2. CASO DE ESTUDO 2 – TARIFA BI-HORÁRIA

Os preços da tarifa utilizada foram explicados na seção 4.1.2. A utilização dos recursos da residência no verão para o segundo dia da semana é mostrada na Figura 4.6. Pode-se notar que a bateria é carregada no período de vazio e, até o período de fora de vazio iniciar, a energia da mesma não é utilizada.

Nesse dia todo o consumo da casa no período de fora de vazio foi suprido pela energia armazenada na bateria, evitando-se o a compra quando o preço da energia é mais alto. A partir das 22:00 quando volta o período de vazio o sistema impede novamente que a energia da bateria seja utilizada. Tal operação ao final de uma semana possui um custo de 10,02€.

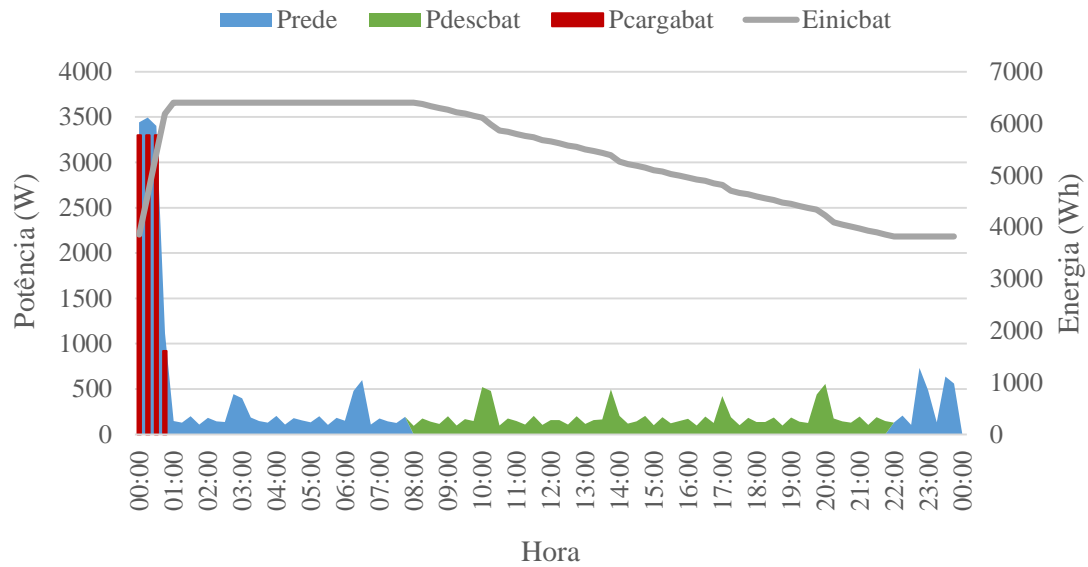


Figura 4.6 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa bi-horária no verão

O mesmo procedimento se aplica ao inverno, como é mostrado na Figura 4.7. Entretanto como o consumo da residência é maior no inverno, a energia da bateria é suficiente apenas para suprir o consumo até aproximadamente 15:30. Após a energia da bateria se esgotar passa a ser utilizada energia da rede. Ao fim de uma semana o custo é de 20,37€.

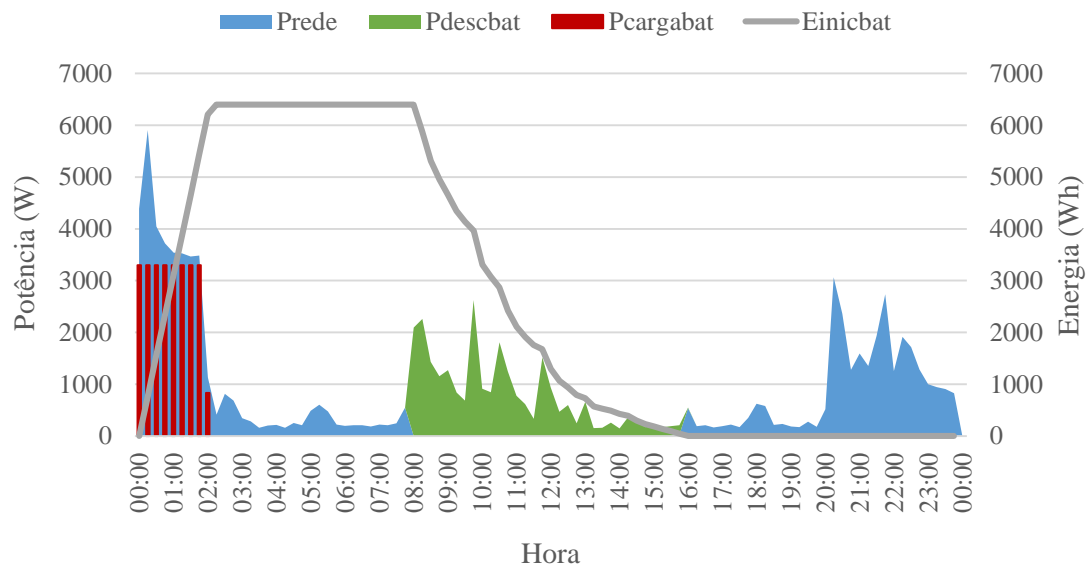


Figura 4.7 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa bi-horária no inverno

4.2.3. CASO DE ESTUDO 2 – TARIFA DAP

A utilização dos recursos para o segundo dia de verão é mostrada na Figura 4.8. É possível notar que a bateria carrega entre as horas 01:00 e 03:00, que são os períodos em que a energia é mais barata nesse dia, como foi mostrado na Figura 4.4 da seção 4.1.3. No resto do dia o consumo é todo suprido pela energia armazenada na bateria. Tal operação ao final de uma semana possui um custo de 10,24€.

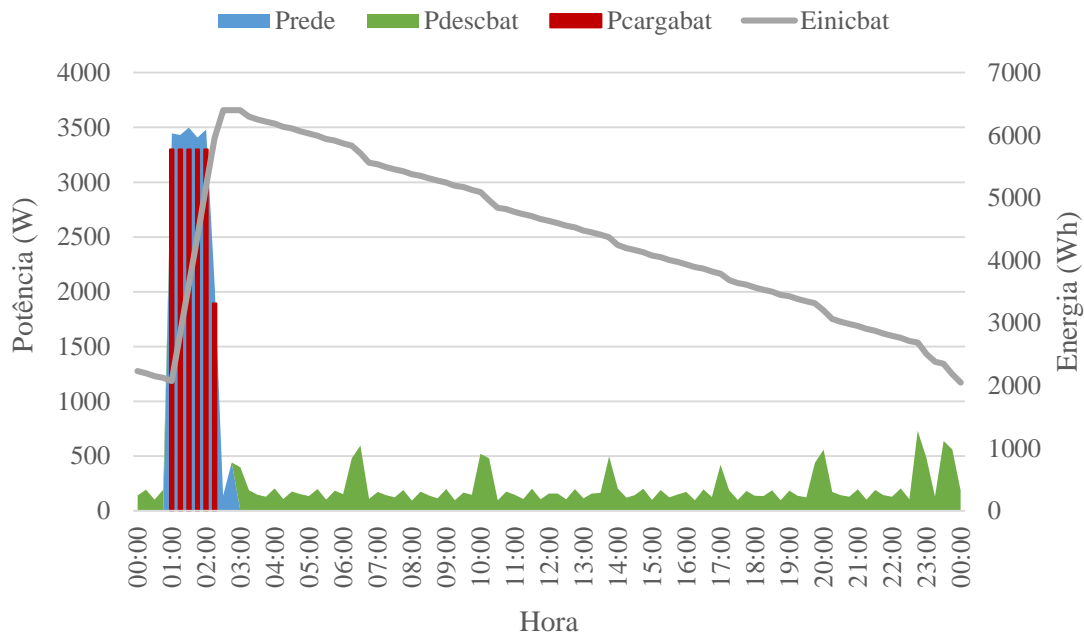


Figura 4.8 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa DAP no verão

A Figura 4.9 mostra a utilização dos recursos da residência para o segundo dia da semana de inverno. Assim como no verão, a bateria carrega nos momentos em que a energia é mais barata e descarrega quando a mesma é mais cara. Porém como o consumo é maior no inverno apenas algumas horas é que são supridas pela energia armazenada, devido à sua capacidade limitada. Na Figura 4.5 é possível notar que o período entre as 00:00 e as 05:00 é quando a energia é mais cara, seguido pelo período entre as 21:00 e as 00:00. Entretanto no começo do dia não havia carga na bateria para ser descarregada, sendo utilizada a energia da rede. No fim do dia quando já havia energia na bateria, a mesma foi utilizada para suprir o consumo nos períodos em que o preço é alto. Ao fim de uma semana o custo é de 16,22€.

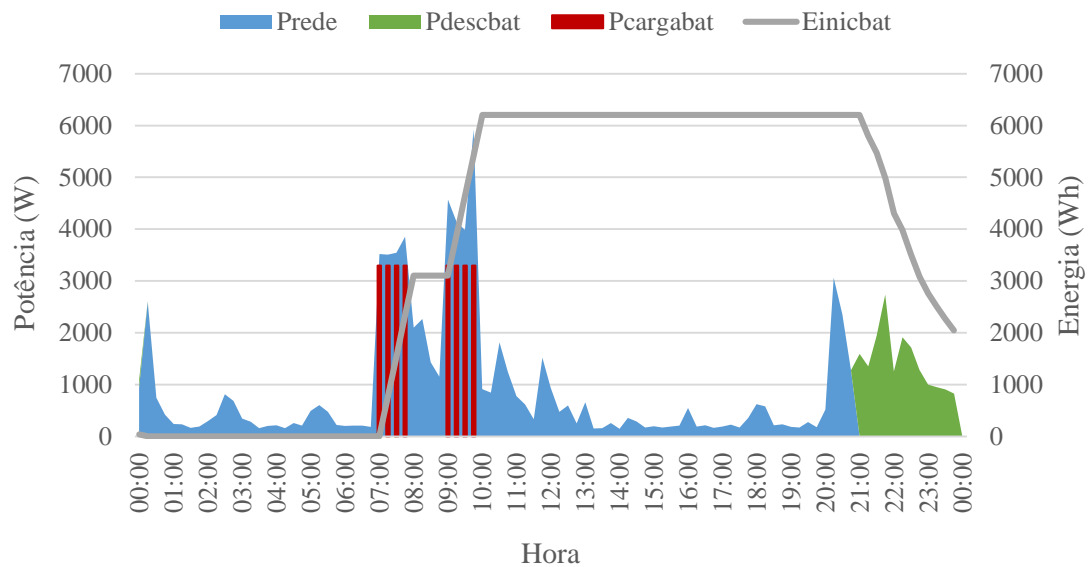


Figura 4.9 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 2 – tarifa DAP no inverno

4.3.CASO DE ESTUDO 3

Nesse caso de estudo é considerada a utilização de 6 painéis fotovoltaicos de 200 Wp cada, com uma capacidade instalada de 1,2 kWp. Os dados utilizados em relação à produção foram obtidos do bando de dados da IEEE [41]. Tais dados são da produção PV do GECAD no ano de 2013 para um painel fotovoltaico de 200 Wp. Como foi considerada a instalação de 6 painéis de 200 Wp os dados de produção foram multiplicados por 6. Não é considerada a utilização da bateria nesse caso.

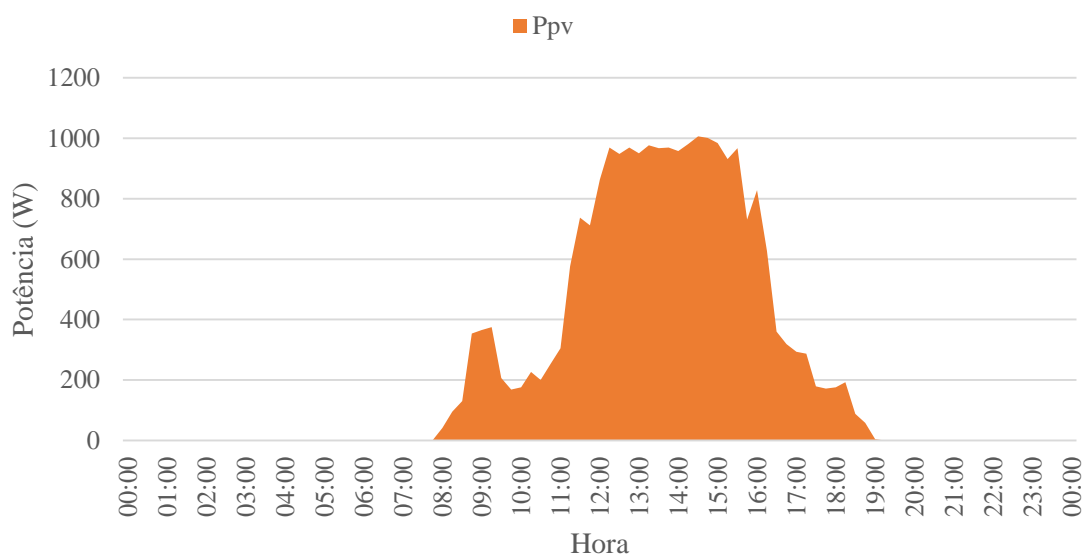


Figura 4.10 – Perfil de produção fotovoltaica para o segundo dia no verão

Na Figura 4.10 é apresentado o perfil de produção dos painéis fotovoltaicos para o segundo dia no verão. O perfil de produção para o inverno é apresentado na Figura 4.11. Pode-se notar que no verão a produção ocorre entre as 08:00 e as 19:00, com 11 horas de produção fotovoltaica, e no inverno há apenas 7 horas de produção entre as 09:00 e as 16:00. Nota-se ainda que a potência da produção no inverno é bastante inferior à no verão.

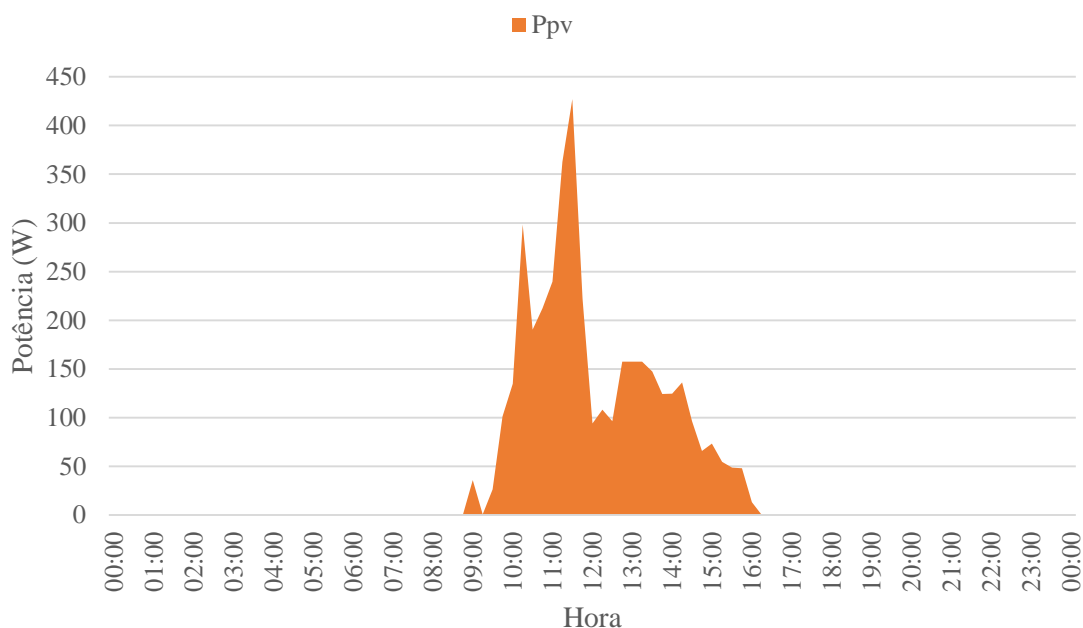


Figura 4.11 – Perfil de produção fotovoltaica para o segundo dia no inverno

Nesse caso de estudo, com a produção fotovoltaica, podem haver momentos em que a produção é maior que o consumo. Sem um sistema de armazenamento, é necessário vender à rede a energia produzida em excesso. Como explicado na seção 1, o preço da energia vendida à rede é de 90% do valor da média aritmética simples dos preços de fecho do OMIE para Portugal do referido mês. Para esse trabalho, de forma a evitar variações atípicas que podem ter ocorrido em determinado mês, foi utilizada a média aritmética dos preços de fecho do OMIE para Portugal de todo o ano de 2015. O valor obtido para o preço de venda de energia para a rede foi de 0,045331€/kWh.

4.3.1. CASO DE ESTUDO 3 – TARIFA SIMPLES

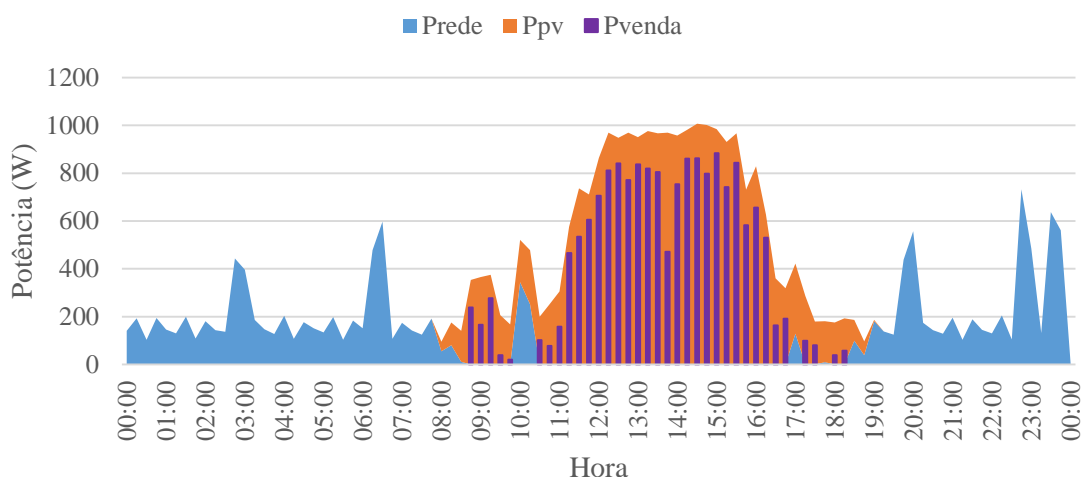


Figura 4.12 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 3 no verão

Na Figura 4.12 é apresentada a utilização dos recursos da residência para o segundo dia de verão. Pode-se notar que no período em que há produção fotovoltaica quase não é utilizada energia da rede e que grande parte da energia produzida é vendida à rede, devido a não haver um sistema de armazenamento para guardar esse excesso de energia. Ao fim de uma semana tal operação possui um custo de 8,24€

A utilização dos recursos da residência para o segundo dia do inverno é mostrada na Figura 4.13. É possível observar que a produção fotovoltaica, como é baixa, dificilmente consegue suprir o consumo, sendo necessário a complementação com a energia da rede. Tal operação ao final de uma semana possui um custo de 21,82€.

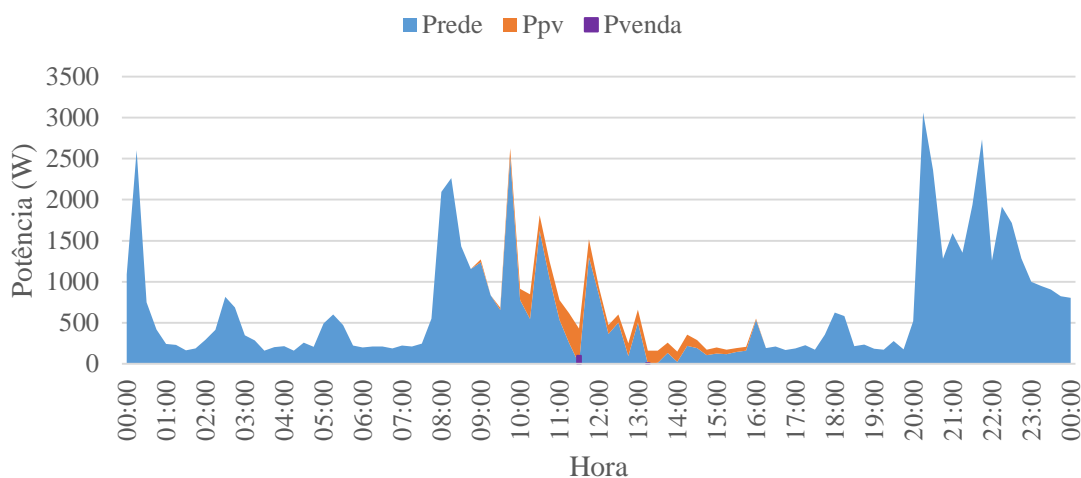


Figura 4.13 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 3 no inverno

4.3.2. CASO DE ESTUDO 3 – TARIFA BI-HORÁRIA

Como não há nenhum dispositivo de armazenamento de energia, a utilização dos recursos ocorre da mesma forma que foi descrito na seção 4.3.1. Porém ao final de uma semana a operação no verão possui um custo de 7,66€ e no inverno de 24,30€.

4.3.3. CASO DE ESTUDO 3 – TARIFA DAP

Da mesma forma que nas seções 4.3.1 e 4.3.2 o sistema não possui flexibilidade. Dessa forma quando há excesso de produção de energia, a mesma é vendida, e quando há falta de produção compra-se da rede. Para a tarifa DAP o custo ao final de uma semana para o verão é de 6,47€ e para o inverno é de 15,59€

4.4. CASO DE ESTUDO 4

Nesse caso de estudo é considerada a utilização de produção fotovoltaica assim como da bateria como sistema de armazenamento, porém sem a utilização de um veículo elétrico. As características da produção PV e da bateria foram descritas nas seções 4.2 e 4.3 respectivamente.

4.4.1. CASO DE ESTUDO 4 – TARIFA SIMPLES

A utilização dos recursos da residência no segundo dia de verão para a tarifa simples é apresentada na Figura 4.14. Nesse dia o consumo é todo suprido pela energia armazenada na bateria e pela produção fotovoltaica.

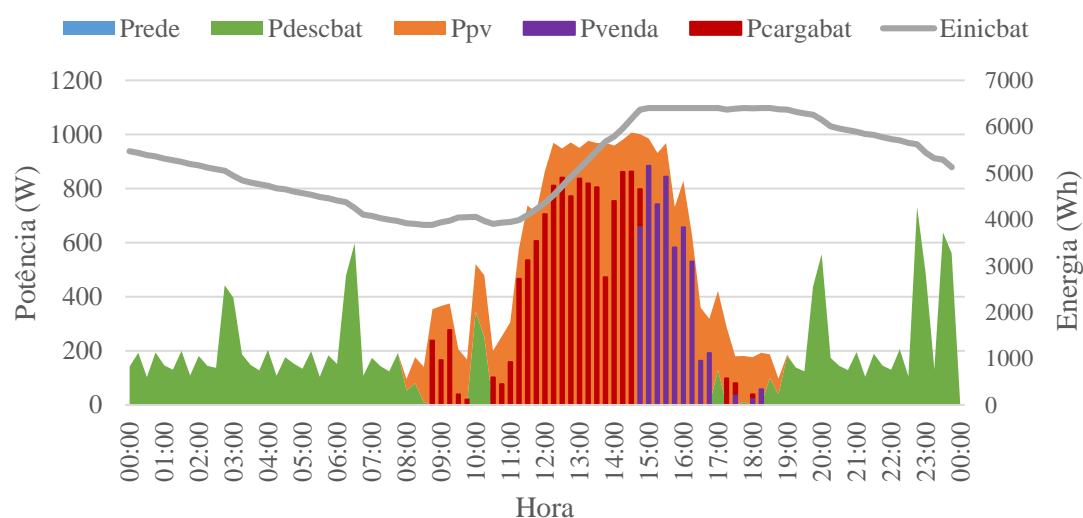


Figura 4.14 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa simples no verão

A bateria é descarregada até aproximadamente 8:00, quando inicia a produção PV. Tal produção é capaz de suprir o consumo e ainda carregar a bateria, quando a bateria atinge sua carga máxima a energia excedente passa a ser vendida para a rede. No entanto, nos momentos em que a produção PV não consegue suprir sozinha o consumo, a bateria é descarregada, como as 10:00 e as 17:00, para que não seja necessário comprar energia da rede.

Quando há uma alta produção fotovoltaica o tipo de tarifa não interfere nos custos, pois não é comprada energia da rede. Porém quando a produção é baixa o sistema transfere a carga para os momentos em que o preço da energia é baixo, isso é realizado através do carregamento da bateria nesses momentos e o descarregamento da mesma nos períodos em que o preço é mais alto. Para a tarifa simples isso não ocorre, pois não há variação no preço da energia durante o dia.

Na Figura 4.15 é mostrada a utilização dos recursos para o sexto dia no verão. Tal dia possui pouca produção PV e será mostrado nas outras tarifas para comparação.

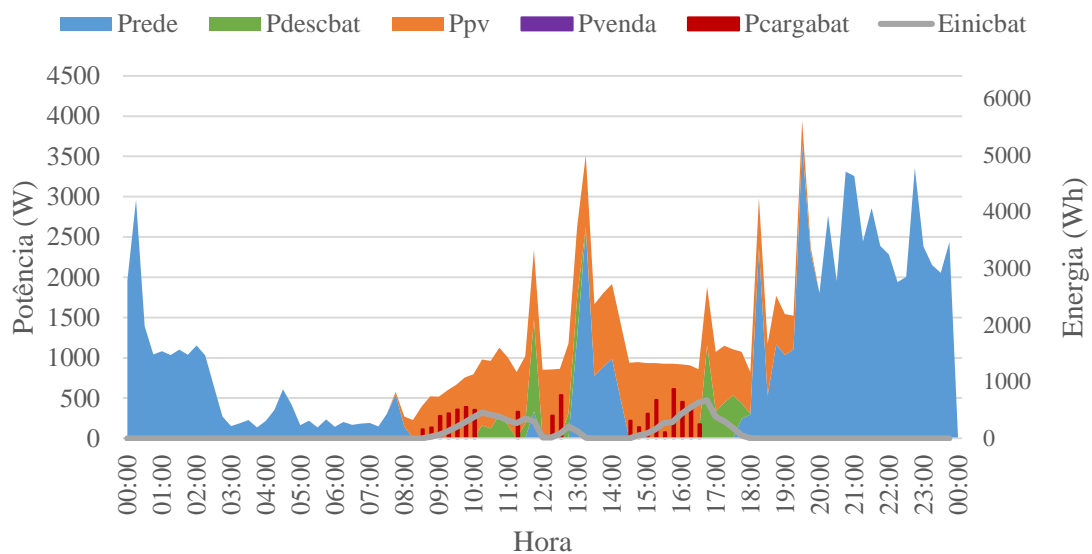


Figura 4.15 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa simples no verão

Nos momentos em que há produção fotovoltaica que excede o consumo a bateria é carregada, essa energia é utilizada para complementar a produção PV nos momentos que a mesma não é suficiente. Ainda assim, quando há picos de consumo que, com a bateria e com a produção

fotovoltaica, não são supridos compra-se energia da rede. O custo ao fim de uma semana com a tarifa simples no verão é de 5,69€.

Na Figura 4.16 é mostrada a utilização dos recursos para o segundo dia no inverno.

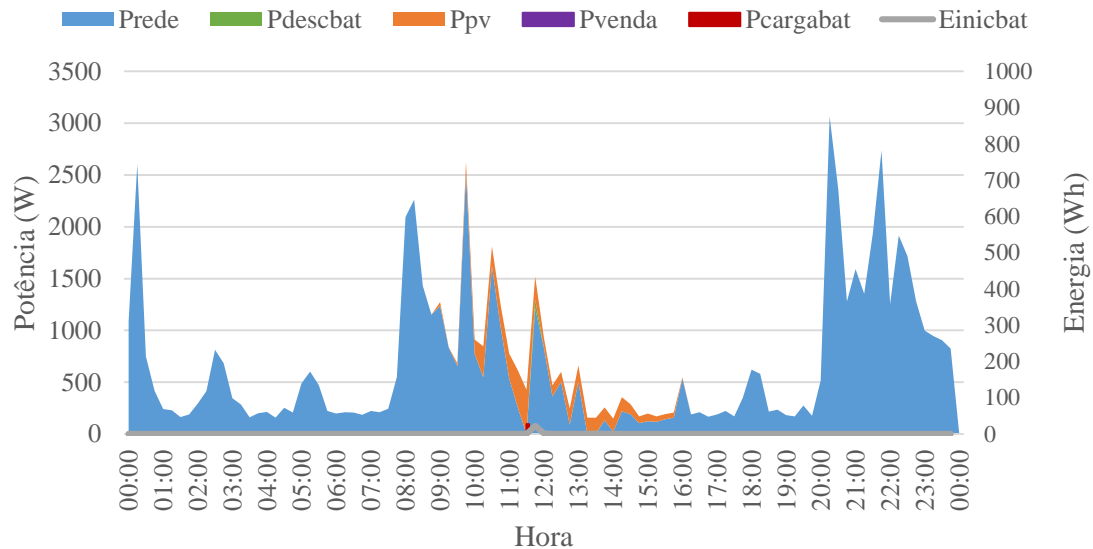


Figura 4.16 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa simples no inverno

No inverno quase não há produção fotovoltaica, no entanto a energia que é produzida serve para diminuir a necessidade de compra da rede. A bateria quase não é utilizada pois apenas em raros momentos a produção PV é superior ao consumo. Ao final de uma semana tal operação possui um custo de 21,27€.

4.4.2. CASO DE ESTUDO 4 – TARIFA BI-HORÁRIA

Para o segundo dia de verão a utilização dos recursos é a mesma que a da tarifa simples mostrada na seção 4.4.1. Isso ocorre devido ao excesso de produção fotovoltaica, que faz desnecessária a compra de energia da rede.

Quando a produção PV é baixa, como é o caso do sexto dia mostrado na Figura 4.17 o sistema transfere parte da carga para outro período do dia de forma a diminuir o custo. Para realizar essa transferência de carga a bateria é carregada no período da noite quando a tarifa é mais baixa e durante o dia conforme é necessário a bateria é descarregada, quando a tarifa é mais alta, até que sua energia se esgote. Esse método de operação apresenta ao fim de uma semana no verão o custo de 3,93€.

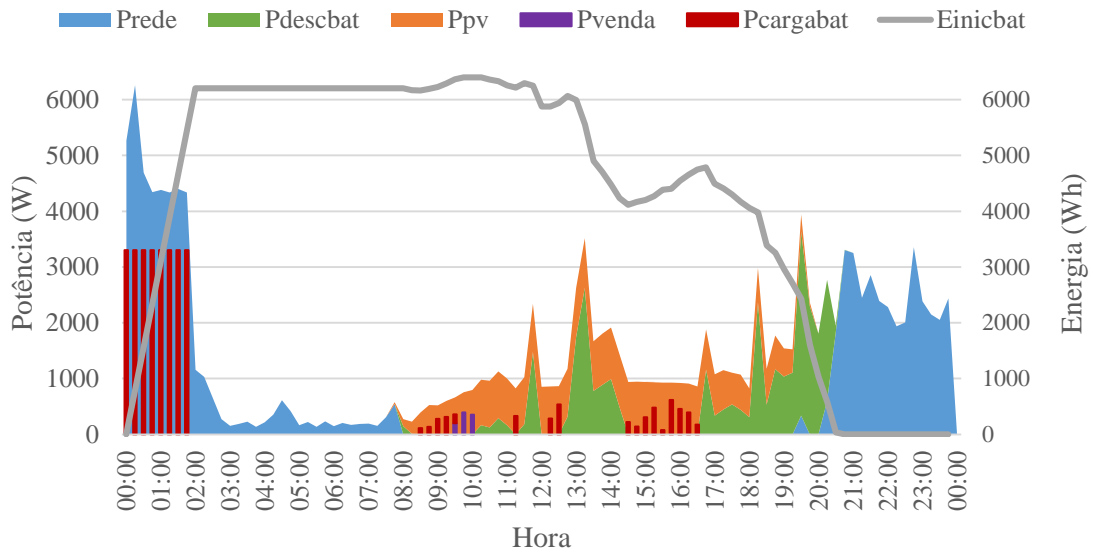


Figura 4.17 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa bi-horária no verão

O mesmo ocorre no inverno, porém com uma produção fotovoltaica mais baixa ainda e durante quase a semana toda. Na Figura 4.18 é mostrada a utilização dos recursos da residência para o segundo dia de inverno. O custo para tal operação com a tarifa bi-horária ao fim de uma semana é de 17,83€.

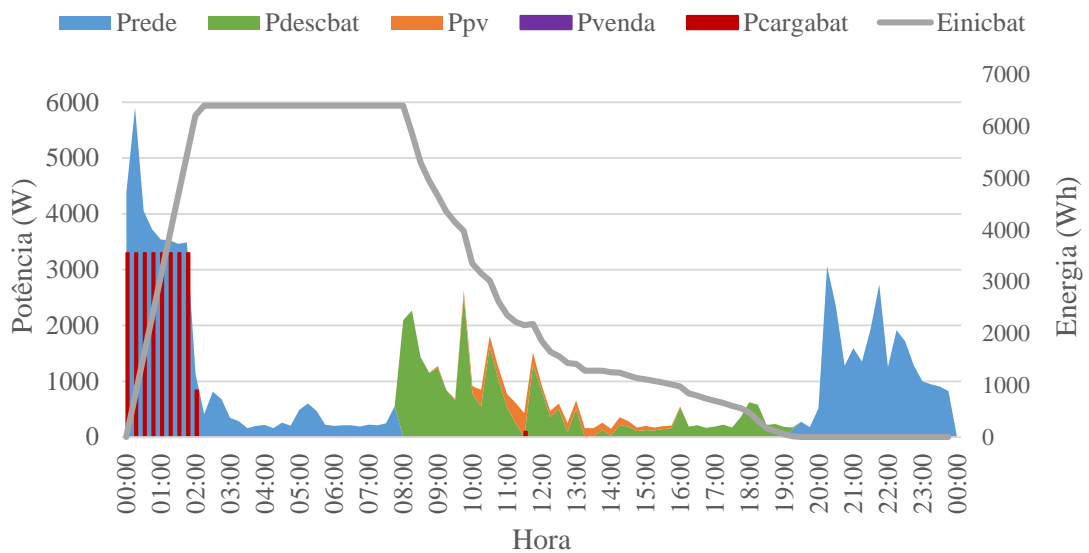


Figura 4.18 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa bi-horária no inverno

4.4.3. CASO DE ESTUDO 4 – TARIFA DAP

Assim como nas seções 4.4.1 e 4.4.2 nos dias de alta produção PV a utilização dos recursos não se altera. No entanto para os dias em que a produção é baixa como o sexto dia de verão mostrado na Figura 4.19 o sistema atua para que a energia seja comprada quando o preço é baixo e a bateria seja descarregada quando o preço da compra de energia da rede é alto. Pode-se notar que a bateria foi carregada entre as 02:00 e as 04:00 e descarregada entre as 13:00 e as 14:00 e entre as 21:00 e 22:00 que são os períodos de pico.

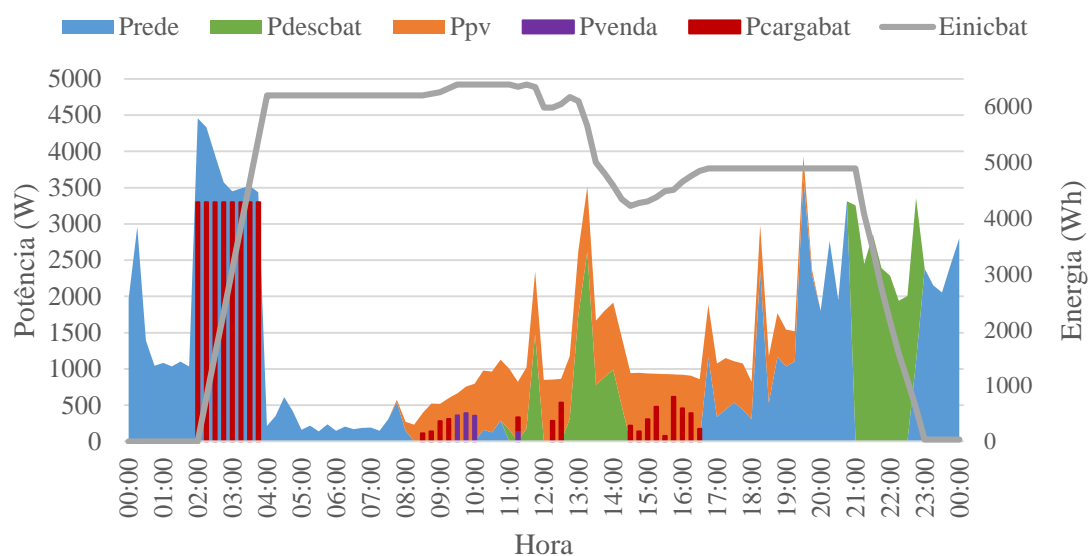


Figura 4.19 – Utilização dos recursos para o sexto dia do caso de estudo 4 – tarifa DAP no verão

A operação com a tarifa do tipo DAP possui ao final de uma semana no verão um custo de 4,46€.

Na Figura 4.20 é mostrada a utilização dos recursos da residência para o segundo dia de inverno com a tarifa DAP. Assim como nos dias de pouca produção PV do verão a bateria é carregada nas horas de preço mais baixo, que é entre as 07:00 e as 08:00 e entre as 09:00 e as 10:00, como foi mostrado na seção 4.1.3. A bateria é descarregada após as 21:00 em que o preço de compra da rede é mais alto. A produção fotovoltaica apenas diminui a quantidade de energia que é necessário comprar da rede durante o dia para suprir o consumo. Ao fim de uma semana tal operação possui um custo de 14,75€.

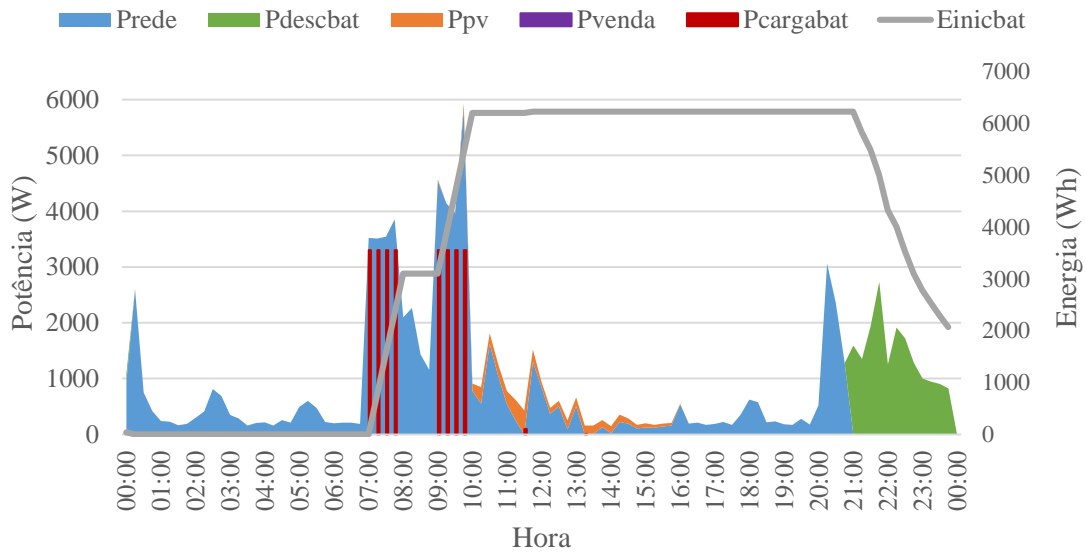


Figura 4.20 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 4 – tarifa DAP no inverno

4.5.CASO DE ESTUDO 5

Nesse caso de estudo não é considerado que há um sistema de armazenamento de energia residencial e nem painéis para produção fotovoltaica, no entanto é considerada a utilização de um veículo elétrico. O veículo considerado foi um Renault ZOE, que possui uma bateria de 22 kWh. A taxa de carga é de 3 kW, e o mesmo valor foi considerado para a taxa de descarga nas operações V2H e V2G. Foi considerada uma eficiência de 0,9 para a carga e descarga do veículo elétrico. A profundidade de descarga da bateria é de 80%, isso significa que nem toda a energia armazenada pode ser utilizada, sendo necessário manter uma quantidade mínima de 20% para evitar danificar a bateria. Assume-se que o veículo todos os dias necessita da carga completa para sair, sendo que o mesmo ocorre as 08:00 e retorna à residência as 19:00. É considerado que durante o dia o veículo utiliza 6 kWh de energia, o que equivale a andar aproximadamente 40 km por dia. Esse caso de estudo será utilizado como base para comparação com os outros casos que consideram um VE, portanto o sistema de gestão de energia não será aplicado. Dessa forma o comportamento será similar ao que ocorre nas residências com um veículo elétrico.

Devido ao sistema não ser aplicado, nesse caso em especial será considerado que no estado inicial a bateria do veículo esteja totalmente carregada, ou seja, com 22 kWh. Tal consideração é feita, pois, como o VE retorna às 19:00 quando chega a 00:00 sua carga deve estar completa. Dessa forma evita-se que o veículo seja carregado 8 vezes na semana, pois

quando o sistema de gestão de energia é utilizado o veículo carrega apenas 7 vezes na semana, uma vez por dia antes de ser utilizado, possuindo ao fim do ultimo dia uma carga similar à que tinha no primeiro. Portanto para os casos de estudo 6, 7 e 8 será considerado que o VE possua uma carga inicial de 16 kWh.

4.5.1. CASO DE ESTUDO 5 – TARIFA SIMPLES

Na Figura 4.21 é mostrado o consumo de energia da rede, no qual o veículo elétrico é carregado no momento em que chega à casa.

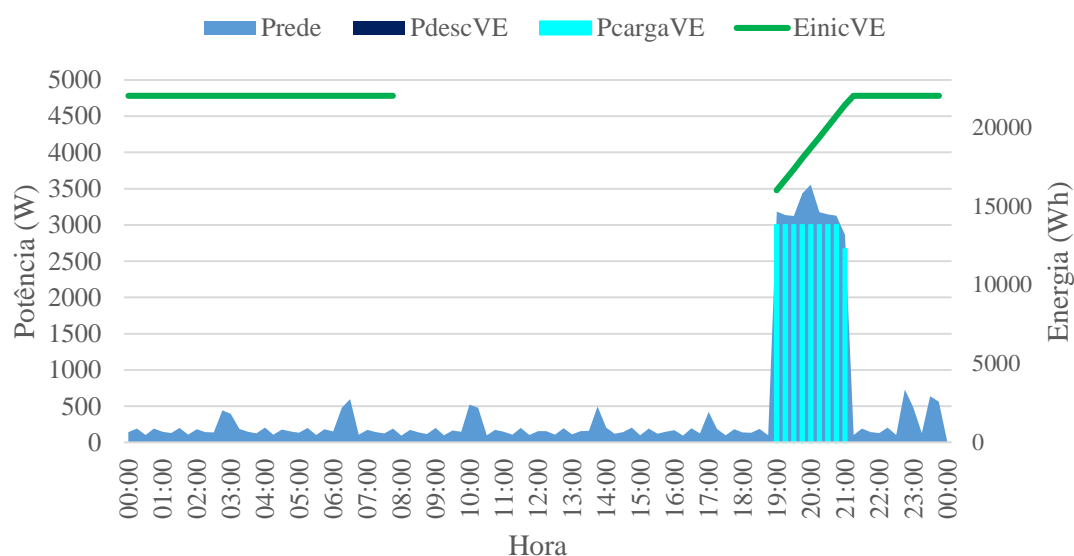


Figura 4.21 – Consumo da residência para o caso de estudo 5 no verão

Na Figura 4.21 e nas figuras seguintes a linha que representa a energia armazenada no veículo não é contínua, pois é mostrado apenas o período em que o veículo se encontra na residência.

Como pode ser visto logo que o veículo retorna o carregamento do mesmo é iniciado aumentando o consumo de energia, que nesse caso é comprado da rede. Essa forma de operação possui ao fim de uma semana no verão um custo de 20,76€.

O consumo de energia para o inverno é mostrado na Figura 4.22. Pode-se notar que, da mesma forma que no verão, o consumo também é aumentado significativamente no momento em que o veículo elétrico está carregando. No inverno essa forma de operação possui, ao final de uma semana, um custo de 30,91€.

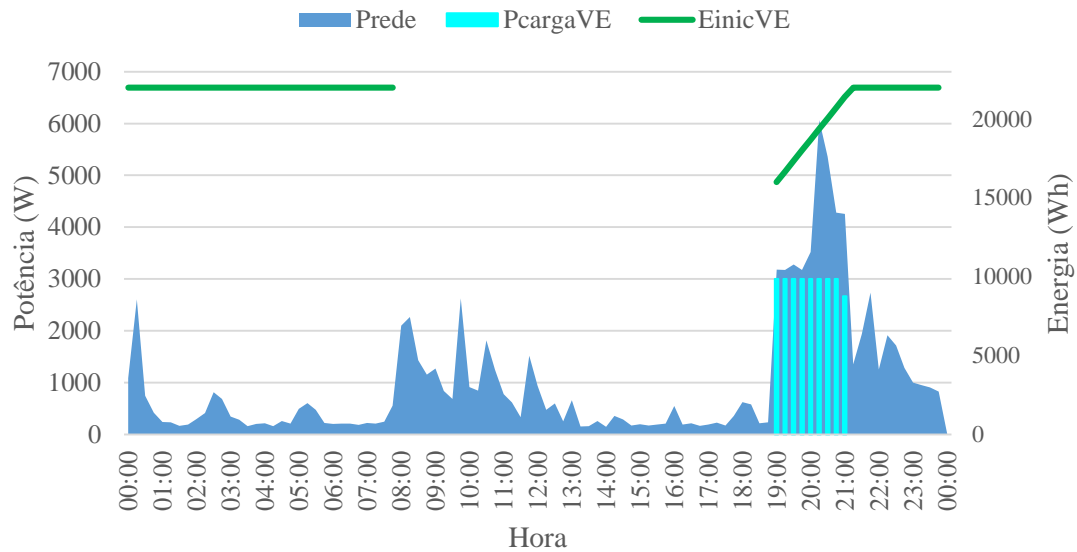


Figura 4.22 – Consumo da residência para o caso de estudo 5 no inverno

4.5.2. CASO DE ESTUDO 5 – TARIFA BI-HORÁRIA

Como falado anteriormente, o sistema de gestão de energia não foi aplicado a esse caso de estudo. Portanto logo que o veículo é conectado à residência o carregamento inicia, independente do preço que a energia possui naquele momento. O consumo de energia funciona de forma idêntica ao apresentado na seção 4.5.1, porém devido à variação da tarifa o custo é alterado. Como o veículo é conectado as 19:00 o carregamento inicia no período de fora de vazão, possuindo um custo mais elevado.

Para um consumidor que possui um veículo elétrico pode ser contratado um serviço que possui uma tarifa bi-horária mais barata [39]. Tal tarifa possui o valor de 0,0843€/kWh no horário de vazão e 0,1970€/kWh para o horário de fora de vazão, tais valores são representados na Figura 4.23. Nos casos de estudo seguintes esta é a tarifa bi-horária considerada, pois todos consideram a utilização de um veículo elétrico.

Para o consumo no verão, ao final de uma semana o custo é de 22,57€, e para o inverno de 34,55€.

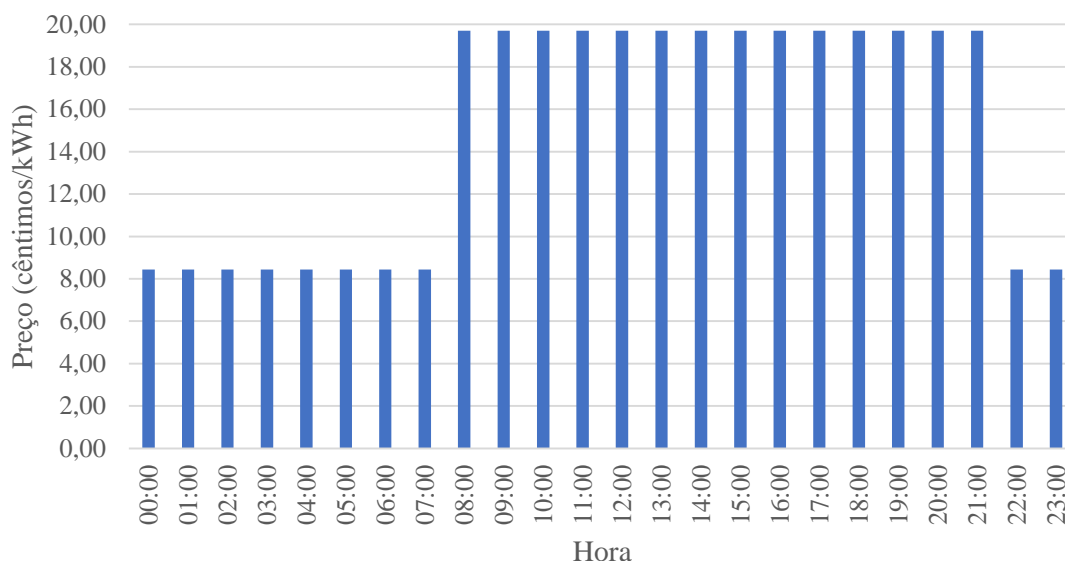


Figura 4.23 – Preço da tarifa bi-horária para proprietários de veículos elétricos

4.5.3. CASO DE ESTUDO 5 – TARIFA DAP

Da mesma forma que apresentado nas seções 4.5.1 e 4.5.2 o consumo não é alterado. A diferença com as seções anteriores é apenas económica, pois a tarifa DAP varia a cada hora da semana. O custo ao fim de uma semana para o verão é de 16,90€ e para o inverno de 22,38€.

4.6. CASO DE ESTUDO 6

Para esse caso de estudo foi considerada a utilização de uma bateria e de um veículo elétrico, são respetivamente uma Powerwall da Tesla e um ZOE da Renault. As características e limitações dos mesmos foram descritas nas seções 4.2 e 4.5.

4.6.1. CASO DE ESTUDO 6 – TARIFA SIMPLES

Para a tarifa simples a inclusão de uma bateria não oferece nenhum benefício económico, pois não há produção fotovoltaica e nem momentos em que a energia possui um preço mais baixo. Devido a isso esse caso não será estudado.

4.6.2. CASO DE ESTUDO 6 – TARIFA BI-HORÁRIA

A utilização dos recursos da residência para o segundo dia de verão é mostrada na Figura 4.24. Pode-se notar que a bateria é carregada no começo do dia até atingir sua capacidade

máxima, o veículo é carregado apenas conforme o necessário para que possua carga máxima no momento em que deixará a residência. No período entre as 08:00 e as 22:00, em que a tarifa é de fora de vazio, o consumo é todo suprido pela energia armazenada na bateria. Tal energia foi comprada no período de vazio quando era mais barata. Após as 22:00 a bateria para de suprir o consumo pois a energia passa a ter o mesmo preço que quando a bateria foi carregada. Para esse modo de operação o custo ao fim de uma semana no verão é de 12,38€.

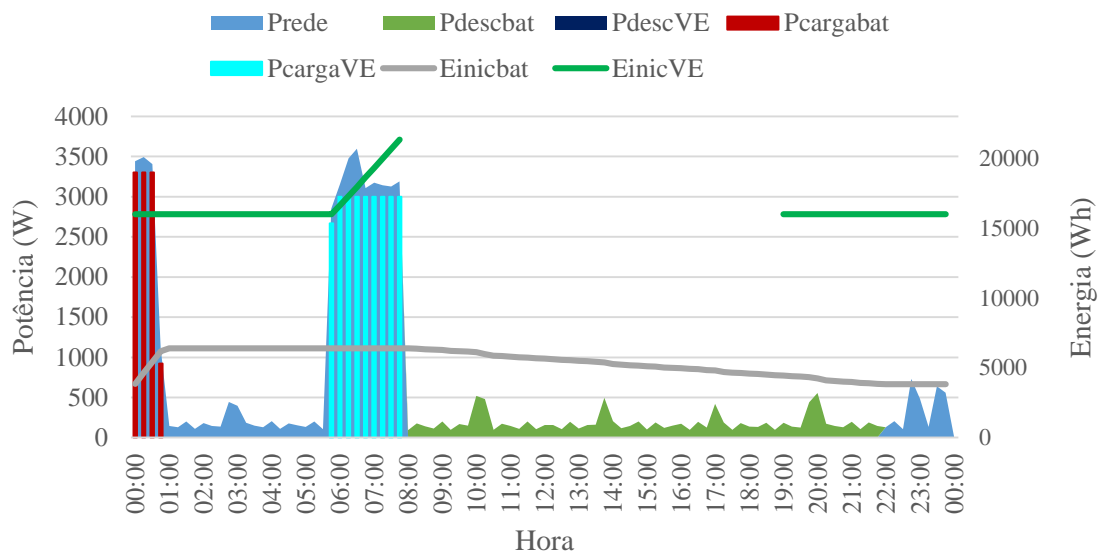


Figura 4.24 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa bi-horária no verão

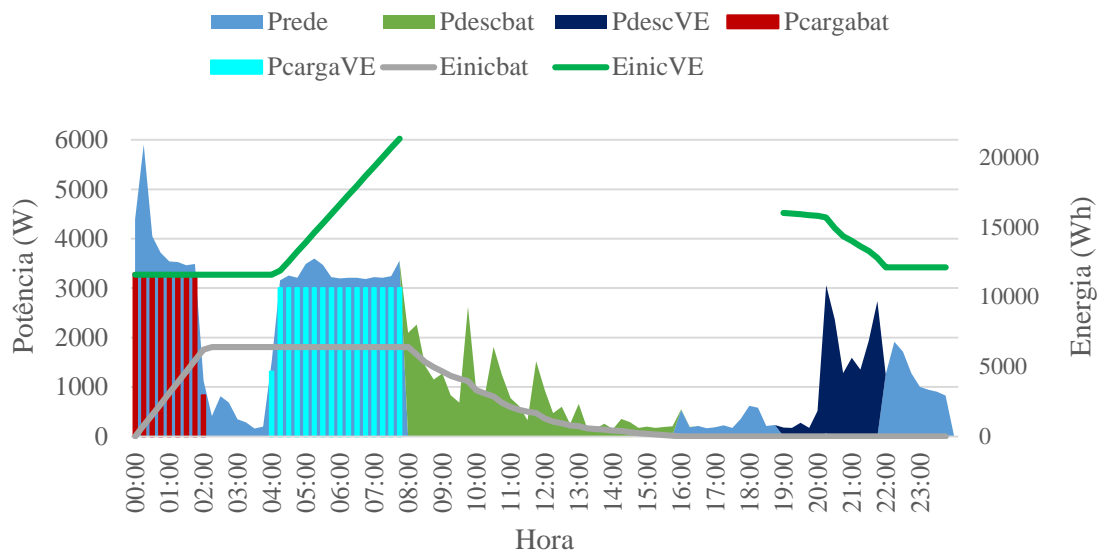


Figura 4.25 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa bi-horária no inverno

Na Figura 4.25 é mostrada a utilização dos recursos da residência para o segundo dia na semana de inverno. Os carregamentos da bateria e do veículo ocorrem da mesma forma que no verão, porém como no inverno o consumo é maior a energia da bateria não é suficiente para suprir todo o período de fora de vazio. Quando a bateria se esgota, passa-se a utilizar a energia da rede até o momento em que o veículo retorna. O consumo é suprido pelo veículo até o final do período de fora de vazio ou até sua energia chegar ao estado mínimo. O custo obtido ao fim de uma semana no inverno foi de 20,21€.

4.6.3. CASO DE ESTUDO – TARIFA DAP

A utilização dos recursos para o segundo dia da semana de verão para a tarifa DAP é mostrada na Figura 4.26. É possível observar que a bateria e o veículo carregam no período após a 01:00 e antes das 04:00, nessas horas a energia possui o valor mais baixo durante todo o dia, como apresentado na seção 4.1.3. Após esse período o consumo da residência é todo suprido pela energia contida na bateria. Essa forma de operação possui, ao fim de uma semana no verão, um custo de 14,86€.

Na Figura 4.27 é mostrada a utilização dos recursos para o segundo dia da semana de inverno. Como mostrado na seção 4.1.3, a energia possui o preço mais alto no início do dia, e como a bateria não possui carga o consumo é suprido pela energia armazenada no veículo.

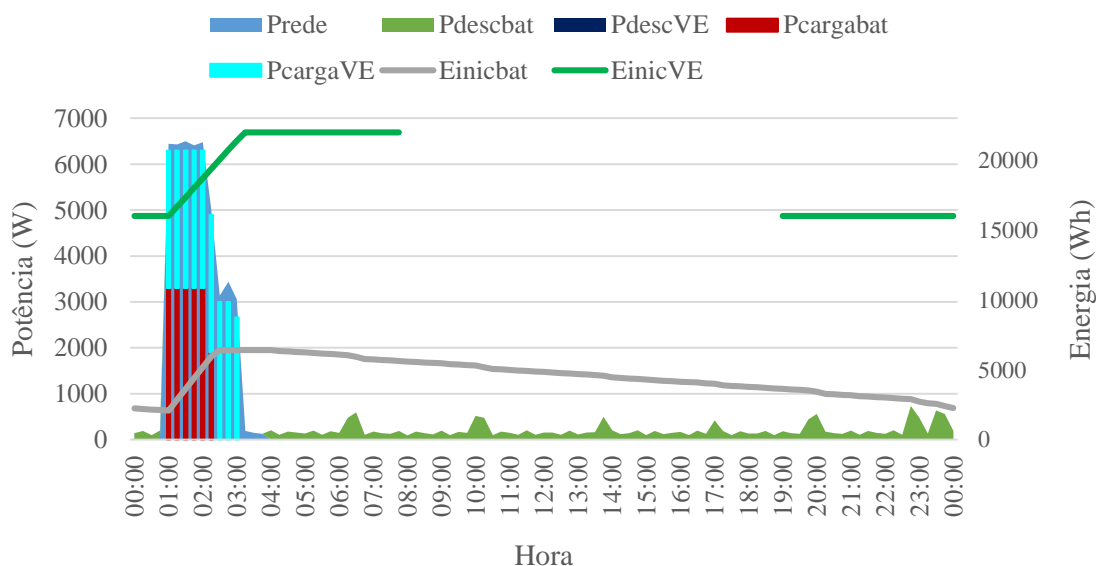


Figura 4.26 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa DAP no verão

A bateria carrega nos momentos em que a energia é mais barata, no entanto um desses períodos é após as 08:00. Como o veículo precisa estar com a carga completa nesse horário,

o mesmo carrega conforme sua necessidade. Por grande parte do dia o consumo é suprido pela rede, porém a partir das 20:00 o preço da energia fica alto novamente e a bateria passa a ser descarregada para suprir o consumo. Ao fim de uma semana no inverno, tal forma de operação possui um custo de 20,55€.

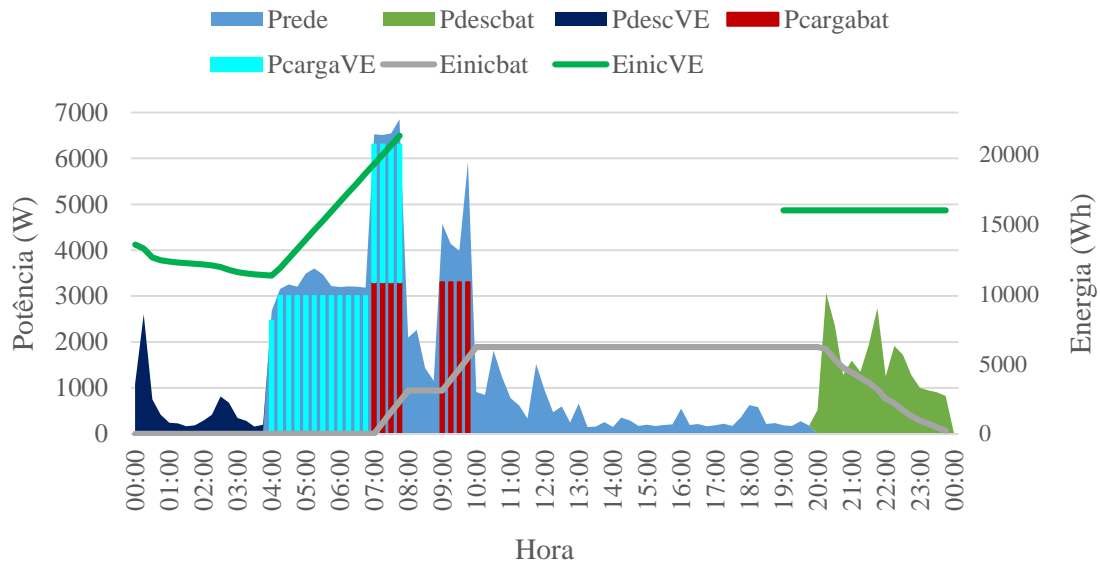


Figura 4.27 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 6 – tarifa DAP no inverno

4.7.CASO DE ESTUDO 7

Nesse caso de estudo é considerada a utilização de painéis para produção fotovoltaica e de um veículo elétrico. As características de cada um foram descritas nas seções 4.3 e 4.5 respectivamente.

4.7.1. CASO DE ESTUDO 7 – TARIFA SIMPLES

A utilização dos recursos da residência para o segundo dia de verão para a tarifa simples é mostrada na Figura 4.28. Pode-se notar que o veículo carrega apenas conforme é necessário para que sua carga esteja completa as 08:00 e que ao retornar a energia do VE não é utilizada. Nota-se também que grande parte da energia fotovoltaica produzida é vendida à rede devido à falta de um dispositivo de armazenamento disponível. Tal método de operação possui ao final de uma semana no verão um custo de 15,39€.

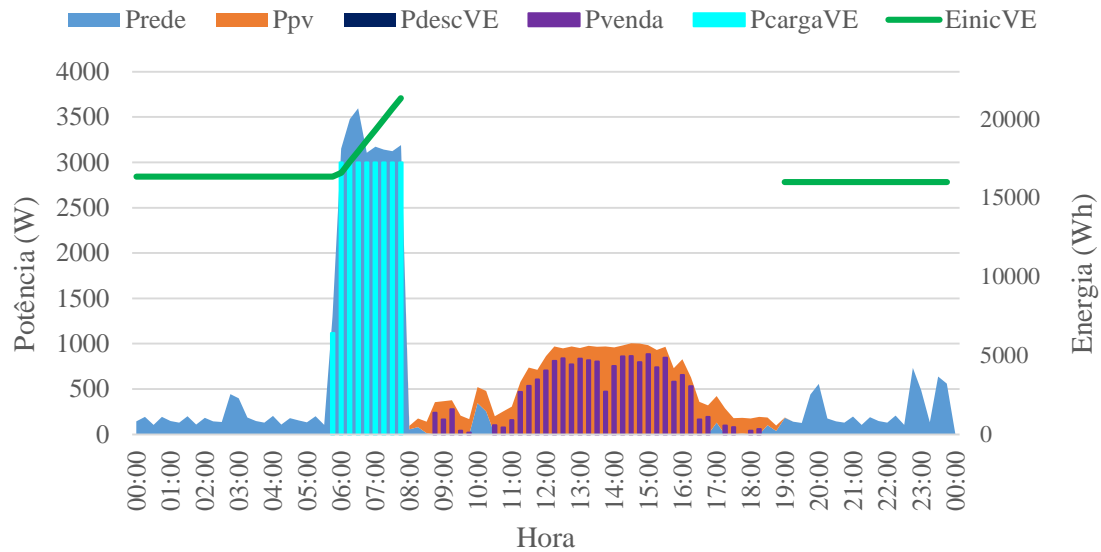


Figura 4.28 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa simples no verão

Na Figura 4.29 é mostrada a utilização dos recursos para o segundo dia da semana no inverno. O carregamento do veículo ocorre da mesma forma que no verão, porém a produção fotovoltaica é baixa, sendo raramente capaz de suprir o consumo. Tal operação possui ao fim de uma semana no inverno um custo de 29,08€.

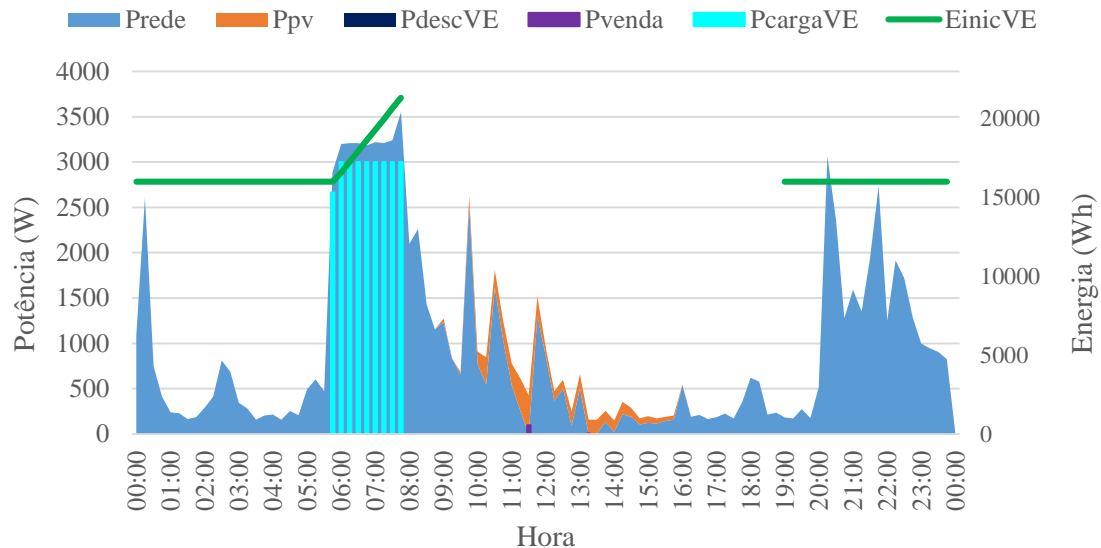


Figura 4.29 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa simples no inverno

4.7.2. CASO DE ESTUDO 7 – TARIFA BI-HORÁRIA

A utilização dos recursos para a tarifa bi-horária no segundo dia da semana de verão é mostrada na Figura 4.30. A principal diferença para a tarifa simples é que após o veículo

retornar o consumo passa a ser suprido pela energia nele armazenada. Porém isso ocorre apenas até as 22:00, pois é quando acaba o período de fora de vazio e a energia da rede passa a ter o mesmo preço que quando o VE foi carregado. Tal forma de operação possui um custo após uma semana no verão de 8,94€.

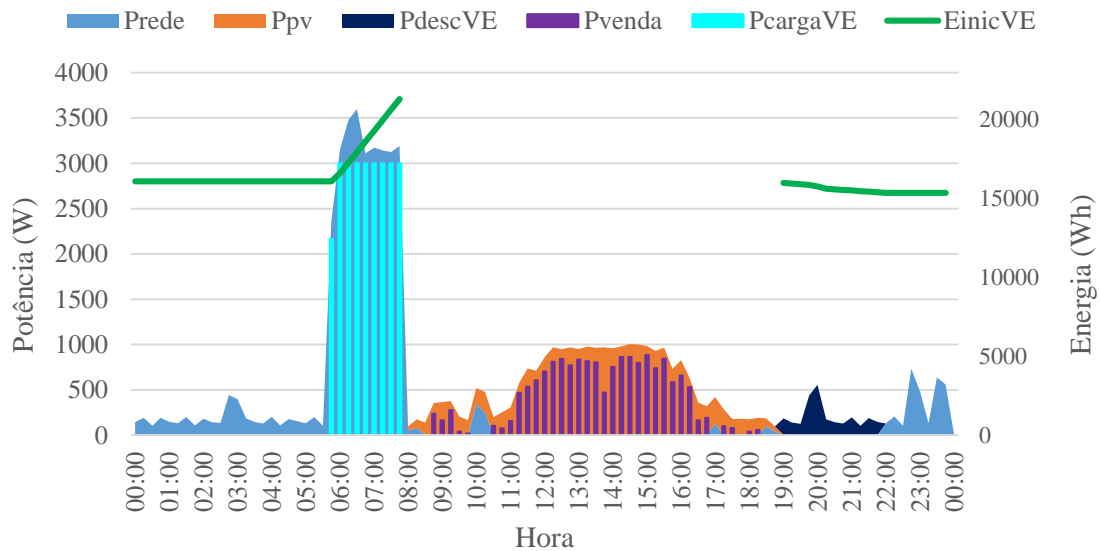


Figura 4.30 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa bi-horária no verão

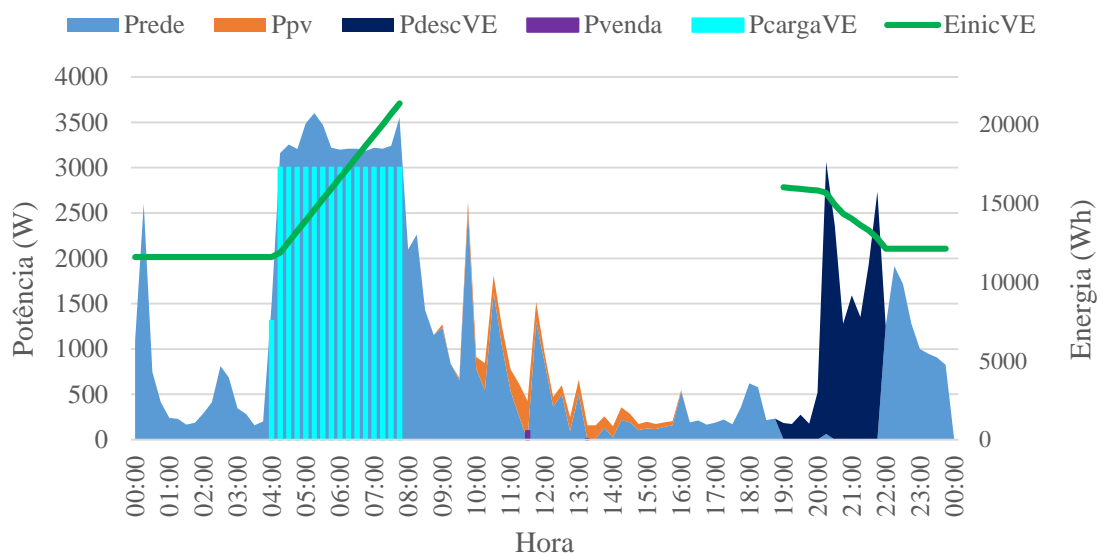


Figura 4.31 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa bi-horária no inverno

Na Figura 4.31 é mostrada a utilização dos recursos para o segundo dia da semana de inverno para a tarifa bi-horária. Nota-se que assim como no verão após a chegada do veículo sua

energia é descarregada para suprir o consumo, porém como sua potência máxima de carga e descarga é 3 kW se o consumo for superior a esse valor é necessária comprar energia da rede, como ocorre às 08:00. Tal operação possui, ao final de uma semana no inverno um consumo de 22,70€.

4.7.3. CASO DE ESTUDO 7 – TARIFA DAP

A utilização dos recursos da residência no segundo dia da semana de verão para a tarifa DAP é mostrada na Figura 4.32. Pode-se notar que o veículo carrega nos períodos em que o preço da energia é mais baixo, porém logo antes de sair é necessário carregar também para obter a carga completa. Como o consumo é baixo no verão, o mesmo é suprido pelo veículo no período em que está na residência. Entre as 08:00 e as 19:00 todo o excesso de produção fotovoltaica é vendido à rede. Tal modo de operação possui, ao fim de uma semana no verão, de 11,11€.

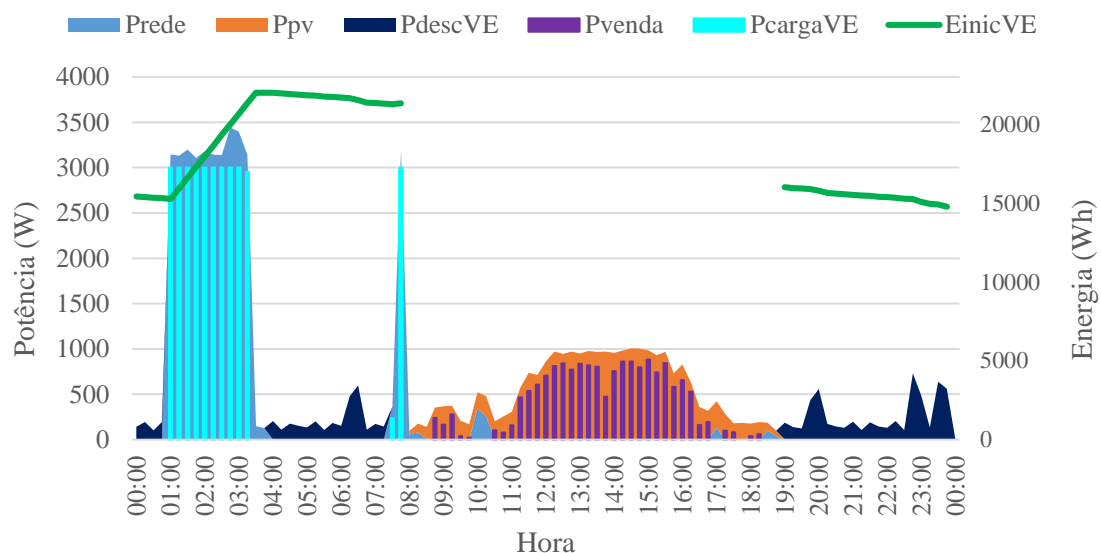


Figura 4.32 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa DAP no verão

Na Figura 4.33 é mostrada a utilização dos recursos para o segundo dia na semana de inverno para a tarifa DAP. A energia do veículo é utilizada para suprir a rede apenas nos momentos em que o preço de compra da rede é mais alto. O custo para tal forma de operação ao fim de uma semana no inverno é de 19,62€.

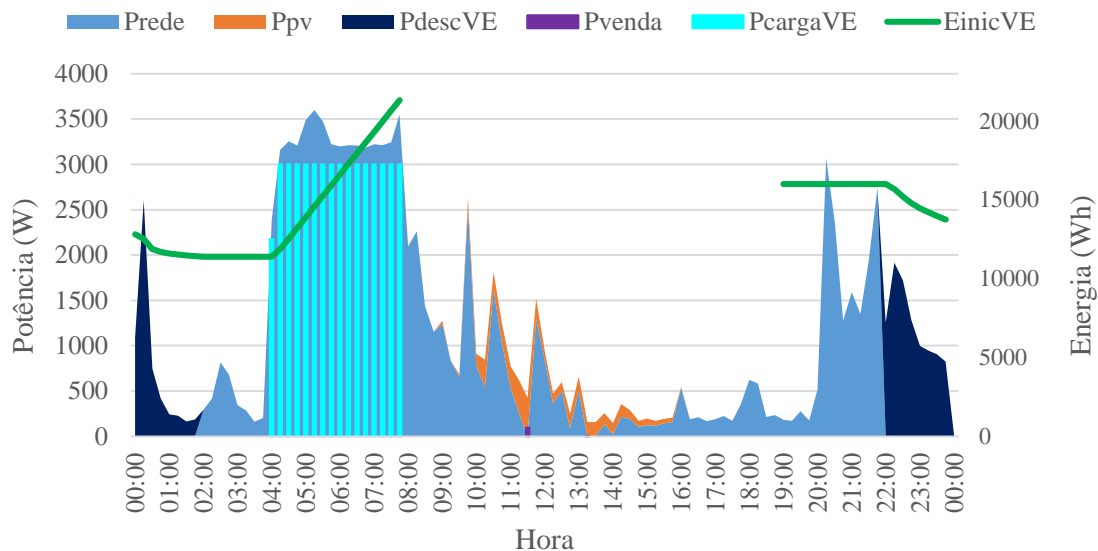


Figura 4.33 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 7 – tarifa DAP no inverno

4.8.CASO DE ESTUDO 8

Nesse caso de estudo será considerada a utilização de uma bateria residencial para armazenamento de energia, painéis fotovoltaicos para produção de energia e um veículo elétrico com capacidade de operação V2H e V2G. As características e limitações de cada dispositivo foram apresentadas nas seções 4.2, 4.3 e 4.5 respectivamente.

4.8.1. CASO DE ESTUDO 8 – TARIFA SIMPLES

A utilização dos recursos da residência para a tarifa simples na semana de verão é mostrada na Figura 4.34. Pode-se notar que é utilizada energia da bateria para suprir o consumo da residência e também para carregar o VE, porém tal energia não é suficiente, sendo necessário comprar energia da rede em alguns períodos pouco antes das 08:00 para completar a carga do veículo elétrico. Em quase todos os períodos em que há produção fotovoltaica, a mesma é suficiente para suprir o consumo e ainda carregar a bateria. Nos períodos em que isso não ocorre a energia armazenada na bateria é utilizada para complementar a produção. Após o fim da produção fotovoltaica o consumo é todo suprido pela energia da bateria.

Nota-se também que não houve venda de energia, sendo o excedente armazenado para consumo posterior de forma a diminuir os custos. Tal método de operação possui ao fim de uma semana no verão com tarifa simples um custo de 11,77€.

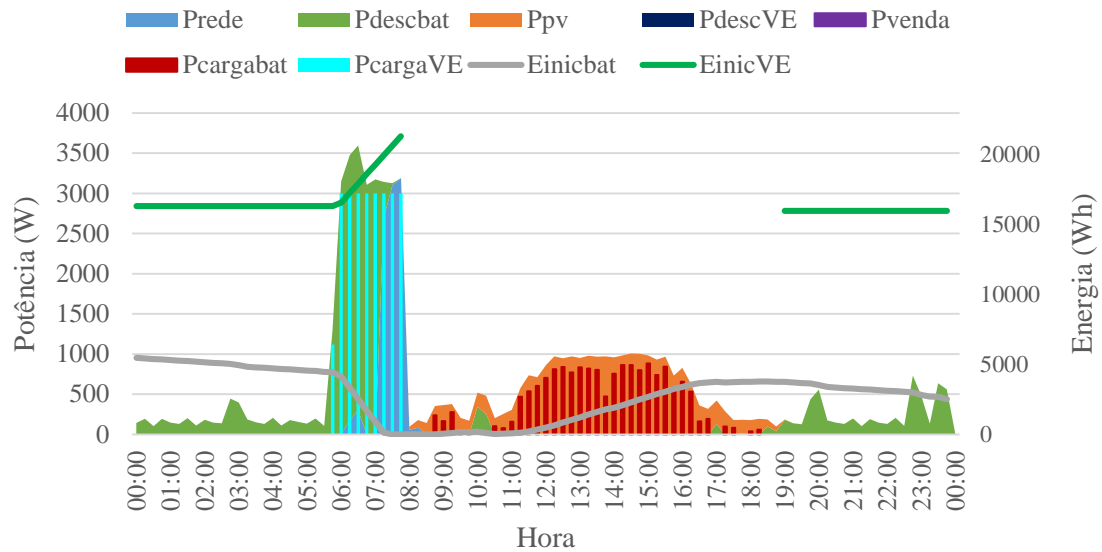


Figura 4.34 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa simples no verão

Na Figura 4.35 é mostrada a utilização dos recursos para a tarifa simples no inverno. Nota-se que a energia utilizada é quase toda da rede, tanto para o consumo da residência como para o carregamento do veículo elétrico. A bateria residencial quase não é utilizada e a produção fotovoltaica raramente é suficiente para suprir o consumo. Tal operação possui para a tarifa simples ao fim de uma semana no inverno um custo de 28,51€.

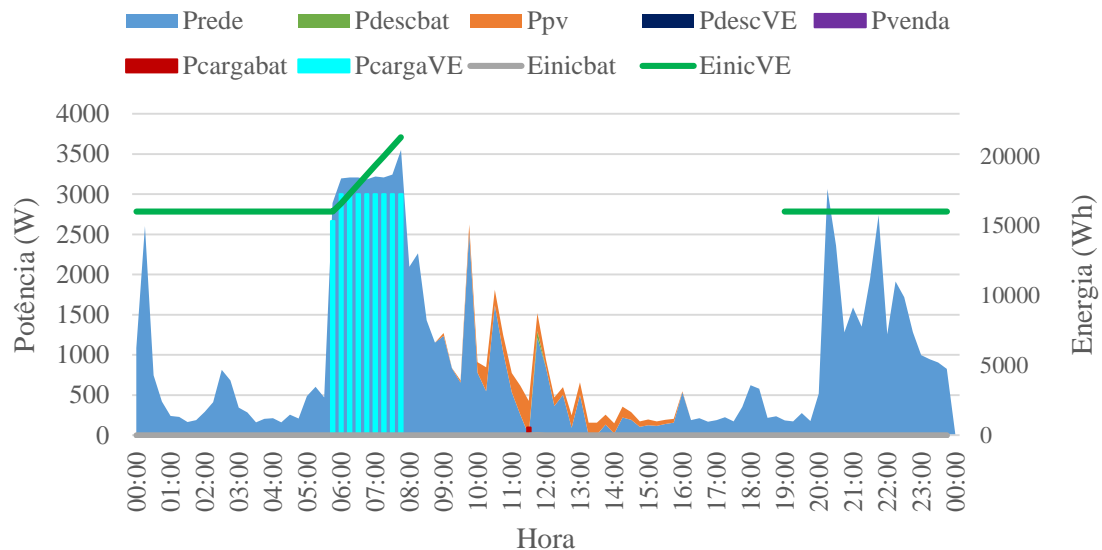


Figura 4.35 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa simples no inverno

4.8.2. CASO DE ESTUDO 8 – TARIFA BI-HORÁRIA

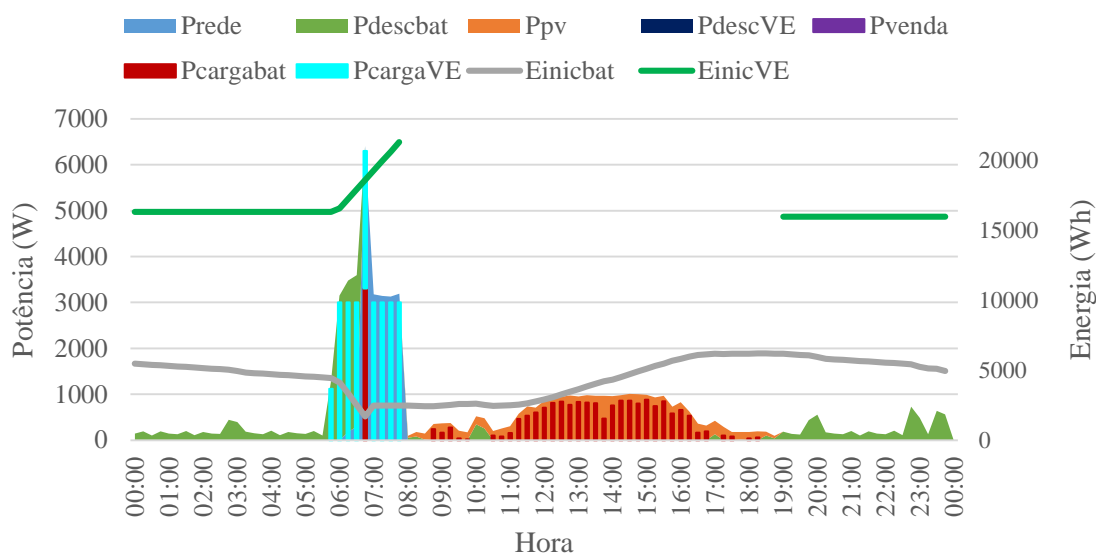


Figura 4.36 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa bi-horária no verão

Na Figura 4.36 é mostrada a utilização dos recursos da residência para a tarifa bi-horária no verão. Pode-se observar que o funcionamento é muito similar ao da tarifa simples nesse mesmo dia, porém a bateria residencial, ao atingir uma carga inferior a um certo valor calculado pelo sistema de gestão, é carregada por um período e não é mais utilizada até a tarifa entrar nas horas de fora de vazio. Tal carregamento não interfere na capacidade de armazenar o excesso de energia fotovoltaica, como pode ser observado devido a em nenhum período ocorrer a venda de energia excedente. Tal forma de operação possui ao fim de uma semana no verão com a tarifa bi-horária um custo de 6,51€.

A utilização dos recursos da residência para o segundo dia da semana de inverno é mostrada na Figura 4.37. Pode-se observar que a bateria residencial é carregada no início do dia, porém sua energia é utilizada apenas após as 08:00 quando iniciam as horas de fora de vazio. O veículo é carregado conforme o necessário para ter a carga completa no momento em que será utilizado e quando retorna supre o consumo até as 22:00, quando iniciam as horas de vazio. Durante as horas de fora de vazio o consumo é suprido pela energia armazenada na bateria residencial, pela produção fotovoltaica, pela energia do veículo e apenas quando necessário é comprada energia da rede. Ao final de uma semana no inverno para a tarifa bi-horária tal forma de operação possui um custo de 17,99€.

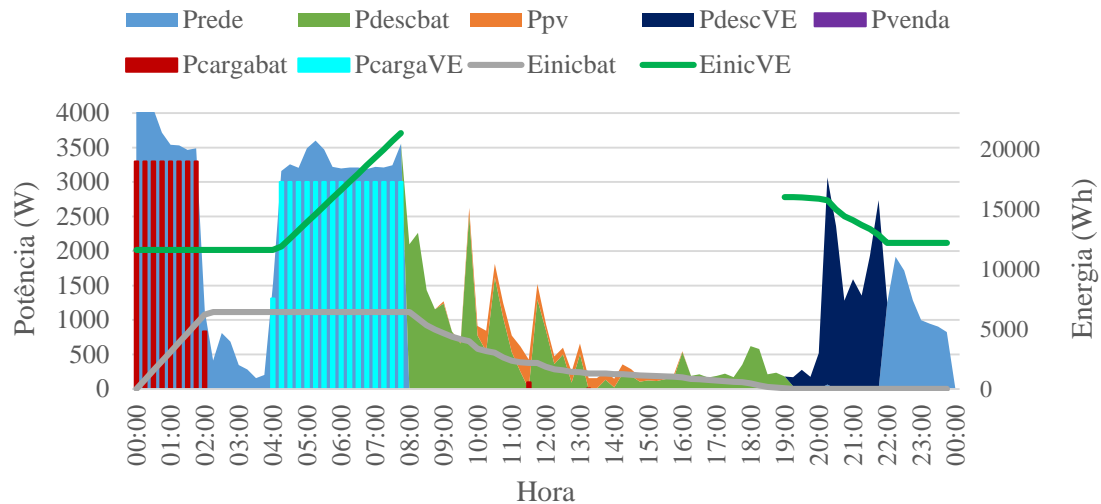


Figura 4.37 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa bi-horária no inverno

4.8.3. CASO DE ESTUDO 8 – TARIFA DAP

A utilização dos recursos da residência para o segundo dia da semana de verão é mostrada na Figura 4.38. Pode-se notar que a energia da rede é utilizada apenas para carregar o veículo elétrico parcialmente, e tal ocorre na hora em que a energia possui o menor custo. O restante da carga é obtido através da energia contida na bateria residencial. Todo o excesso de produção fotovoltaica é armazenado na bateria, sem haver venda de energia em nenhum momento. Durante o dia todo, exceto entre as 01:00 e as 02:00, quando a produção fotovoltaica não é suficiente ou inexistente o consumo da residência é suprido pela bateria. Tal forma de operação possui ao fim de uma semana no verão um custo de 8,11€.

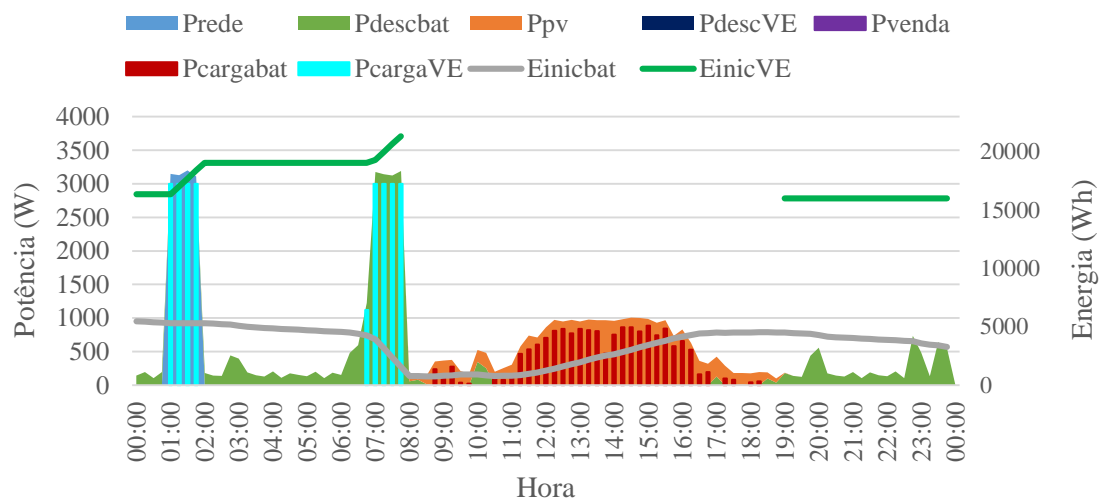


Figura 4.38 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa DAP no verão

Na Figura 4.39 é mostrada a utilização dos recursos da residência para o segundo dia de inverno. É possível observar que a bateria carrega nas duas horas em que a energia é mais barata e o veículo em apenas uma dessas horas. O mesmo acontece, pois, o veículo necessita de uma carga completa às 08:00, sendo carregado primeiramente conforme necessário e se possível de forma a reduzir os custos. Nas horas do dia em que a energia é mais cara, a mesma não é comprada da rede, sendo utilizada a energia armazenada no veículo entre a 00:00 e as 04:00 e a energia da bateria residencial após as 20:00. Tal método de operação possui ao fim de uma semana no inverno um custo de 18,73€.

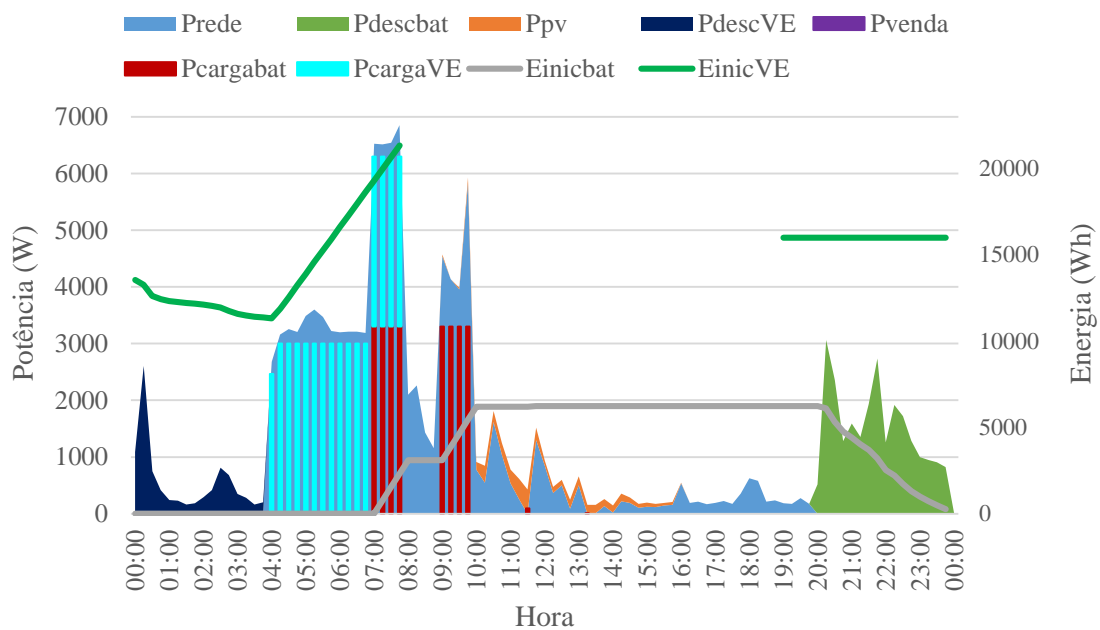


Figura 4.39 – Utilização dos recursos para o caso de estudo 8 – tarifa DAP no inverno

4.9.AVALIAÇÃO ECONÓMICA

Será apresentada a comparação entre os custos dos casos de estudo separados por tipo de tarifa. Foi realizada uma separação entre os casos com e sem veículo elétrico pois o mesmo constitui uma carga considerável, sendo necessária tal separação para uma melhor análise da redução de custos.

As comparações possuem os valores dos custos semanais no verão, no inverno, uma média aritmética simples entre eles e a redução de custo relativamente à média

4.9.1. AVALIAÇÃO ECONÓMICA – TARIFA SIMPLES

Na Tabela 4.2 é apresentada uma comparação de custos para os casos de estudo sem veículo elétrico e com tarifa simples.

Tabela 4.2 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa simples

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 1 - sem PV sem Bateria	13,52 €	23,67 €	18,60 €	Caso base
Caso 3 - com PV sem Bateria	8,24 €	21,82 €	15,03 €	19%
Caso 4 - com PV com Bateria	5,69 €	21,27 €	13,48 €	28%

A comparação de custos entre os casos de estudo com veículo elétrico para a tarifa simples é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa simples

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 5 - sem PV sem Bateria	20,76 €	30,91 €	25,84 €	Caso base
Caso 7 - com PV sem Bateria	15,39 €	29,08 €	22,24 €	14%
Caso 8 - com PV com Bateria	11,77 €	28,51 €	20,14 €	22%

O caso de estudo 2 não é apresentado pois como descrito na seção 4.2.1 não há benefício económico. Pode-se notar que com painéis fotovoltaicos há uma redução considerável no custo no verão, porém nem tanto no inverno. A adição da bateria permite utilizar a energia armazenada durante o dia nos períodos em que não há sol, portanto há um maior impacto no verão, visto que no inverno quase não há excesso de produção PV.

4.9.2. AVALIAÇÃO ECONÓMICA – TARIFA BI-HORÁRIA

Na Tabela 4.4 é apresentada a comparação de custos dos casos de estudo sem veículo elétrico para a tarifa bi-horária.

Tabela 4.4 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa bi-horária

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 1 - sem PV sem Bateria	14,16 €	26,74 €	20,45 €	Caso base
Caso 2 - sem PV com Bateria	10,02 €	20,37 €	15,20 €	26%
Caso 3 - com PV sem Bateria	7,66 €	24,30 €	15,98 €	22%
Caso 4 - com PV com Bateria	3,93 €	17,83 €	10,88 €	47%

A comparação de custos dos casos de estudo com veículo elétrico para a tarifa bi-horária é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa bi-horária

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 5 - sem PV sem Bateria	22,57 €	34,55 €	28,56 €	Caso base
Caso 6 - sem PV com Bateria	12,38 €	20,21 €	16,30 €	43%
Caso 7 - com PV sem Bateria	8,94 €	22,70 €	15,82 €	45%
Caso 8 - com PV com Bateria	6,51 €	17,99 €	12,25 €	57%

Em ambas as tabelas é possível observar que a utilização apenas da bateria possui um maior impacto no inverno. Devido a um maior consumo durante o dia há uma maior utilização da bateria, ou seja, uma maior quantidade de energia deixa de ser consumida nas horas de fora de vazio e passa a ser consumida nas horas de vazio. A utilização apenas de painéis fotovoltaicos possui um impacto maior no verão, como é esperado, devido a uma maior radiação. No entanto com a utilização da bateria e de painéis PV é possível diminuir ainda mais o custo pois além do que foi descrito anteriormente a energia excedente da produção fotovoltaica pode ser armazenada e utilizada em outros períodos.

4.9.3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA – TARIFA DAP

Na Tabela 4.6 é mostrada a comparação de custos entre os casos de estudo sem veículo elétrico para a tarifa DAP.

Tabela 4.6 – Comparação dos casos de estudo sem VE para a tarifa DAP

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 1 - sem PV sem Bateria	11,05 €	16,94 €	14,00 €	Caso base
Caso 2 - sem PV com Bateria	10,24 €	16,22 €	13,23 €	5%
Caso 3 - com PV sem Bateria	6,47 €	15,59 €	11,03 €	21%
Caso 4 - com PV com Bateria	4,46 €	14,75 €	9,61 €	31%

É possível observar que mesmo com uma redução de custo inferior em percentagem, os casos de estudo para a tarifa DAP sem VE possuem um custo mais baixo em relação às outras tarifas. Isso ocorre devido ao fato de os preços, considerando as semanas de verão e de inverno, variarem entre 0,0740€/kWh e 0,1443€/kWh, com um valor médio de 0,1148€/kWh. Como pode ser notado o preço da energia é sempre inferior ao da tarifa simples, gerando sempre custos menores, e o valor médio é próximo ao preço nas horas de vazio da tarifa bi-horária. Nota-se também que apenas com a utilização da bateria residencial não houve muita redução no custo, isso comprova a pouca variação nos preços diários.

A comparação de custos dos casos de estudo com veículo elétrico para a tarifa DAP é mostrada na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Comparação dos casos de estudo com VE para a tarifa DAP

Caso de estudo	Verão	Inverno	Média	Redução custo (%)
Caso 5 - sem PV sem Bateria	16,90 €	22,38 €	19,64 €	Caso base
Caso 6 - sem PV com Bateria	14,86 €	20,55 €	17,71 €	10%
Caso 7 - com PV sem Bateria	11,11 €	19,62 €	15,37 €	22%
Caso 8 - com PV com Bateria	8,11 €	18,73 €	13,42 €	32%

Para os casos de estudo com o veículo elétrico para a tarifa DAP apesar do baixo valor médio do preço da energia, os custos, com exceção do inverno do caso de estudo 7, são superiores aos da tarifa bi-horária. Tal fato ocorre, pois, o carregamento do VE é realizado sempre nas horas de vazio da tarifa bi-horária com o preço da energia a 0,0926€/kWh e, em apenas um

dia da semana de inverno, e nenhum da semana de verão o veículo é carregado com a energia a um preço inferior a esse para a tarifa DAP.

4.10. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA

Foi realizado um estudo da viabilidade económica em relação à instalação de painéis fotovoltaicos e de uma bateria residencial para armazenamento de energia. Foi considerada uma taxa de atualização de 0,05%, obtida do site da Agência de Inteligência Central (CIA) [42]. Os preços da bateria residencial utilizada nos casos de estudo foram estimados em 3000€, sem um inversor, e 4000€ com um inversor. O preço estimado para a compra e instalação de um kit de autoconsumo PV com capacidade de 1,2 kWp é de 2400€ e os custos anuais de manutenção do kit PV utilizado foi de 1% do investimento inicial. A economia anual foi calculada multiplicando a diferença entre as médias de custo semanal de cada caso de estudo por 52, que é o número de semanas em um ano. Para a bateria foram realizadas análises considerando tempos de vida de 10, 15 e 20 anos. O valor do TIR, caso seja superior à taxa de atualização considerada, indica que o investimento é viável para o tempo de vida para que foi calculado. O tempo de retorno do investimento é o tempo que demora para o investimento se pagar, ou seja, após esse tempo o investidor passa a ter lucro.

4.10.1. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA – TARIFA SIMPLES

Para um consumidor que não possui um veículo elétrico e tem em sua residência a tarifa simples apenas a instalação de um kit fotovoltaico de autoconsumo é economicamente viável, porém a economia total ao fim dos 20 anos de vida útil do kit não é muito alta conforme apresentado na Tabela 4.8. O tempo de recuperação do investimento para essa instalação é de 14 anos e 11 meses.

Tabela 4.8 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa simples

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	185,38 €	24,00 €	20	3%	810,72 €

Para um consumidor que possui um veículo elétrico e utiliza a tarifa simples os casos viáveis são a instalação de um kit PV de autoconsumo, que possui um tempo de recuperação do investimento de 14 anos e 9 meses, e no caso de a bateria durar 20 anos, a instalação de PV

e bateria, que obtém um retorno do investimento após 19 anos e 11 meses. Ambos os casos são mostrados na Tabela 4.9. No entanto a economia total resultante da instalação de PV e bateria é muito baixa.

Tabela 4.9 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa simples

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	187,20 €	24,00 €	20	3,13%	843,93 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	296,14 €	24,00 €	20	0,08%	14,33 €

Nos casos relacionados com a instalação apenas da bateria para a tarifa simples a economia anual é inferior, sendo assim tais opções se tornam inviáveis economicamente.

4.10.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA – TARIFA BI-HORÁRIA

Os tempos de retorno do investimento dos casos viáveis economicamente para um consumidor que não possui um veículo elétrico são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Tempo de retorno do investimento para os casos de um consumidor sem VE com tarifa bi-horária

Caso	Tempo de retorno do investimento
Instalação da bateria em uma casa sem PV	14 anos e 8 meses
Instalação da bateria em uma casa com PV	11 anos e 4 meses
Instalação de PV em uma casa sem bateria	11 anos e 6 meses
Instalação de PV em uma casa com bateria	12 anos
Instalação de PV e bateria	11 anos e 5 meses

Para tais casos são apresentados o TIR e a economia total de acordo com o tempo de vida na Tabela 4.11.

Como pode ser observado, a instalação da bateria torna-se viável apenas se esta possuir um tempo de vida elevado. Foi considerado que o inversor do kit de autoconsumo é compatível com a bateria, não sendo necessário comprar outro, tanto quando for realizada a instalação de bateria em uma casa já com kit PV, quanto quando for feita a instalação do kit PV e da

bateria. Nos casos com instalação de PV e bateria com o tempo de vida de 15 anos assume-se que ao final desse período o kit PV ainda possui um valor de 600€.

Tabela 4.11 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa bi-horária

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação da bateria em uma casa sem PV	4 000,00 €	273,26 €	-	15	0,31%	82,55 €
Instalação da bateria em uma casa sem PV	4 000,00 €	273,26 €	-	20	3,18%	1 436,61 €
Instalação da bateria em uma casa com PV	3 000,00 €	265,20 €	-	15	3,75%	962,13 €
Instalação da bateria em uma casa com PV	3 000,00 €	265,20 €	-	20	6,17%	2 276,26 €
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	232,44 €	24,00 €	20	5,95%	1 746,99 €
Instalação de PV em uma casa com bateria	2 400,00 €	224,38 €	24,00 €	20	5,47%	1 586,64 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	497,64 €	24,00 €	15	3,64%	2 276,26 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	497,64 €	24,00 €	20	6,07%	4 023,25 €

Na Tabela 4.12 são apresentados os tempos de recuperação do investimento dos casos em que é viável realizar alguma instalação para um consumidor que possui um veículo elétrico.

Tabela 4.12 – Tempo de retorno do investimento para os casos de um consumidor com VE com tarifa bi-horária

Caso	Tempo de retorno do investimento
Instalação da bateria em uma casa sem PV	6 anos e 3 meses
Instalação da bateria em uma casa com PV	16 anos e 2 meses
Instalação de PV em uma casa sem bateria	3 anos e 9 meses
Instalação de PV em uma casa com bateria	12 anos e 11 meses
Instalação de PV e bateria	6 anos e 6 meses

Para esses casos são apresentados o TIR e a economia total de acordo com o tempo de vida na Tabela 4.13

Tabela 4.13 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa bi-horária

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação da bateria em uma casa sem PV	4 000,00 €	637,78 €	-	10	9,53%	2 360,30 €
Instalação da bateria em uma casa sem PV	4 000,00 €	637,78 €	-	15	13,59%	5 528,54 €
Instalação da bateria em uma casa sem PV	4 000,00 €	637,78 €	-	20	14,96%	8 688,88 €
Instalação da bateria em uma casa com PV	3 000,00 €	185,64 €	-	20	2,12%	693,38 €
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	662,48 €	24,00 €	20	26,36%	10 302,80 €
Instalação de PV em uma casa com bateria	2 400,00 €	210,34 €	24,00 €	20	4,61%	1 307,31 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	848,12 €	24,00 €	10	8,53%	4 018,58 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	848,12 €	24,00 €	15	12,73%	7 512,49 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	848,12 €	24,00 €	20	14,19%	10 996,18 €

Assumiu-se que ao fim dos 10 anos o kit de autoconsumo ainda possui um valor remanescente de 1200€. Pode-se notar que a maior economia total é obtida através da instalação de um kit PV e bateria.

4.10.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA – TARIFA DAP

Para um consumidor que utilize a tarifa DAP e não possua um veículo elétrico, com os preços considerados, seria viável economicamente a instalação de um kit PV de autoconsumo nos casos de já haver ou não uma bateria residencial previamente instalada, como pode ser visto na Tabela 4.14. Caso o consumidor não possua uma bateria instalada o tempo de retorno do investimento é de 18 anos e 6 meses, caso possua o tempo é de 14 anos e 7 meses.

Tabela 4.14 – Casos viáveis economicamente para um consumidor sem VE com tarifa DAP

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	154,18 €	24,00 €	20	0,79%	189,98 €
Instalação de PV em uma casa com bateria	2 400,00 €	188,50 €	24,00 €	20	3,21%	872,79 €

Se o consumidor possuir um veículo elétrico a instalação de um kit PV de autoconsumo também seria viável se houver ou não uma bateria residencial previamente instalada, assim como a instalação de um kit PV e uma bateria, como mostrado na Tabela 4.15. Tanto para um consumidor com, como para um sem uma bateria em casa a instalação de um kit PV possui um tempo de retorno do investimento de 12 anos e 1 mês. No caso da instalação do kit PV juntamente com a bateria o tempo de retorno do investimento é de 18 anos e 1 mês.

Tabela 4.15 – Casos viáveis economicamente para um consumidor com VE com tarifa DAP

Caso	Investimento inicial	Economia anual	Custo anual	Tempo de vida (anos)	TIR	Economia total
Instalação de PV em uma casa sem bateria	2 400,00 €	222,30 €	24,00 €	20	5,35%	1 545,25 €
Instalação de PV em uma casa com bateria	2 400,00 €	222,82 €	24,00 €	20	5,38%	1 555,60 €
Instalação de PV e bateria	5 400,00 €	323,44 €	24,00 €	20	1,01%	557,47 €

Pode-se observar que a instalação de um kit PV e uma bateria só é viável caso a bateria possua um tempo de vida elevado.

4.11. CONCLUSÕES

Neste capítulo diversos casos de estudo foram apresentados e discutidos. O custo do consumo de energia de uma residência utilizando o sistema de gestão de energia proposto neste trabalho, juntamente com a utilização de produção fotovoltaica para autoconsumo e uma bateria residencial, foi comparado com o custo de uma residência que não utiliza o sistema proposto. Tal comparação foi realizada para uma residência com e sem um veículo

elétrico. Os resultados mostraram que é possível se obter uma redução significativa nos custos de energia semanais, tanto com e sem um veículo elétrico.

Os casos de estudo mostraram que é obtida uma maior redução nos custos semanais para a tarifa bi-horária, chegando a uma redução de até 57% para o caso com um VE e de 47% sem um VE. No entanto, apesar de a redução para a tarifa DAP não ser tão alta os preços são muito próximos aos da tarifa bi-horária, sendo até inferiores para o caso sem um veículo elétrico. A redução, porém, não é tão alta pois os custos para o caso base são mais baixos.

Através da análise de viabilidade foi possível perceber que a instalação de painéis fotovoltaicos é capaz de fornecer benefícios económicos com mais facilidade que a instalação de uma bateria residencial. Isso ocorre devido ao elevado custo da bateria, que faz com que mesmo que a economia anual seja a mesma ou até um pouco superior à da obtida através da instalação de um kit PV, em muitos casos não é possível obter lucro em um horizonte de 20 anos. Foi possível observar que a maior parte dos casos em que a instalação da bateria é viável ocorre quando é utilizada a tarifa bi-horária. Porém, a tecnologia de baterias de maior escala não está no mesmo nível de amadurecimento que a de painéis PV, e tende a possuir custos cada vez mais baixos e uma vida útil cada vez maior.

5. CONCLUSÕES

Com a queda dos preços dos painéis fotovoltaicos, o constante desenvolvimento de novas tecnologias nessa área e das políticas de incentivo, as instalações PV estão cada dia mais presentes nas residências. A utilização de baterias como sistema de armazenamento para residências ainda está em uma fase inicial, no entanto os avanços nessa tecnologia estão permitindo cada vez mais baixar os custos desse dispositivo. Um dos grandes impulsionadores da tecnologia de baterias é a indústria dos veículos elétricos, que também vem evoluindo e trazendo diversas inovações.

Esses dispositivos estão cada dia mais presentes nas casas dos consumidores, e a gestão integrada dessas tecnologias pode trazer muitos benefícios económicos aos utilizadores. Esse trabalho foca nesse aspeto de gestão integrada.

O trabalho apresenta uma breve revisão sobre os recursos energéticos residenciais, incluindo a produção fotovoltaica, o dispositivo de armazenamento de energia e o veículo elétrico com capacidade de operação V2H e V2G.

É apresentado o potencial da energia solar, uma breve história da tecnologia fotovoltaica, o princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica e os tipos de instalações existentes. Em seguida são apresentados os principais benefícios da utilização de um sistema de armazenamento e as possibilidades de integração de um veículo elétrico na gestão de energia.

São abordadas as tarifas de energia, tanto a tarifa simples e a do tipo ToU que estão disponíveis em Portugal como a modalidade DAP de tarifação dinâmica que não deve demorar a ser introduzida no país.

Foi desenvolvido um modelo matemático para tratar o problema de gestão de energia. O objetivo do modelo é reduzir os custos de utilização da energia através do aumento do autoconsumo e da compra da energia quando a mesma é mais barata.

É apresentada a função objetivo, que possui a capacidade de atribuir diferentes comportamentos ao sistema de gestão de acordo com os pesos de cada variável, e as restrições relativas à rede, à bateria e ao veículo elétrico. Em seguida é mostrado o método utilizado para a atribuição dos pesos das variáveis para os três tipos de tarifas utilizadas no trabalho.

O sistema de gestão foi aplicado em diversos casos de estudo, com as combinações da utilização de um sistema fotovoltaico, um sistema de armazenamento de energia e um veículo elétrico para a tarifa simples, bi-horária e DAP. Foram utilizados dados de consumo e de produção fotovoltaica tanto do verão como do inverno. Foi então realizada uma comparação dos custos com os casos em que a residência não possui nem um sistema fotovoltaico e nem um sistema de armazenamento e, portanto, não utiliza o sistema de gestão.

Através da utilização do sistema de gestão de energia em todos os casos foi possível obter uma redução de custo, sendo os casos com maior redução os da tarifa bi-horária, chegando a um custo médio semanal 57% menor para uma residência com um veículo elétrico e 47% menor para uma residência sem um veículo elétrico. Apesar da redução percentual da tarifa DAP não ser tão alta, chegando a 31% para uma casa sem um veículo elétrico, os custos médios semanais são inferiores aos da tarifa bi-horária. A redução de custos para a tarifa simples não ultrapassa os 28% devido ao fato de ser realizado apenas um aumento do autoconsumo, ao contrário das outras tarifas onde, através da utilização da bateria e do veículo, também é alterado o momento da compra de energia para os períodos onde a mesma é mais barata.

Foi realizada uma análise para verificar a viabilidade económica da instalação de um sistema fotovoltaico e de um sistema de armazenamento de energia. A instalação apenas de um kit fotovoltaico traz vantagens em todos os casos, sendo que para uma casa que possua um

veículo elétrico e não tenha um sistema de armazenamento o caso em que há o maior retorno económico. Devido ao seu alto custo, a instalação do sistema de armazenamento traz benefícios económicos em menos situações, sendo a maioria delas quando é utilizada a tarifa bi-horária. Isso ocorre, pois devido às características da tarifa bi-horária é possível uma melhor utilização da bateria, o que reflete em benefícios económicos. Os casos em que a bateria residencial mais traz benefícios são para um consumidor com um veículo elétrico que, instala a bateria e o kit de autoconsumo PV, conseguindo uma economia de quase 11 mil euros ou instala a bateria e não possui uma produção PV, conseguindo uma economia de quase 8700€. No entanto para esses casos foi considerado que a bateria possui um tempo de vida de 20 anos.

Apesar de seu alto custo, deve-se notar que o desenvolvimento da tecnologia de baterias ainda está em evolução constante. A bateria de íons de lítio que já é bastante utilizada em eletrônicos está começando a ser utilizada em maior escala, como em veículos elétricos. A Tesla Motors uma empresa que fabrica carros elétricos está construindo uma fábrica que terá uma capacidade de produção de baterias superior à capacidade mundial de 2013, e com isso espera que consiga reduzir em mais de 30% os custos por kWh de suas baterias.

Como o maior encaixe para o crescimento do mercado de veículos elétricos é a bateria, novos tipos e novas tecnologias são constantemente estudadas para se obter uma maior autonomia com o veículo, maior densidade de carga e tempos de carregamento menores. Essas pesquisas serão benéficas tanto para os veículos como para o mercado de armazenamento de energia elétrica, através da redução de custos e uma adoção cada vez maior desse tipo de sistemas.

O sistema de gestão de energia desenvolvido nesse trabalho possui a capacidade de reduzir os custos com energia elétrica da fatura do utilizador, no entanto novos picos são gerados em momentos que antes quase não havia consumo.

5.1.CONTRIBUIÇÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de gestão de energia na forma de apoio à decisão automática que considera a carga de uma residência, uma produção PV, um sistema residencial de armazenamento de energia e um veículo elétrico com capacidade de operação nos modos V2H e V2G. O sistema foi feito de forma a ser capaz de operar com diferentes modos de tarifação de energia, sendo eles, tarifa simples, tarifa bi-horária e tarifa DAP. O

objetivo da gestão é reduzir o custo da energia consumida. Para o desenvolvimento do sistema de gestão de energia residencial foi realizada a modelação da função objetivo, assim como das restrições relativas à rede, bateria e veículo elétrico. Foram definidos os pesos da função objetivo da tarifa simples e criados métodos para a definição dos pesos das tarifas bi-horária e DAP. Para cada modalidade tarifária foram utilizados 8 casos de estudo com um cenário no verão e outro no inverno. Com base nos casos de estudo foi feita uma avaliação económica da redução dos custos médios semanais, assim como uma análise de viabilidade da instalação de painéis PV e de uma bateria para o armazenamento de energia.

5.2. TRABALHOS FUTUROS

Em trabalhos futuros podem ser estudadas e desenvolvidas diversas funcionalidades complementares, sendo algumas listadas a seguir:

- Resposta automática a eventos de *Demand Response* baseados em incentivos, como o pagamento de uma determinada quantia ao utilizador se o mesmo mantiver o seu consumo abaixo de um certo valor por um determinado período de tempo;
- Comunicação entre os sistemas de gestão de uma determinada área para coordenar os momentos de carga dos veículo e baterias de forma a evitar a sobrecarga da rede;
- Inclusão do controle sobre equipamentos de ar-condicionado e aquecimento no modelo do sistema;
- Expansão do modelo do sistema para ser utilizado com múltiplos veículos e baterias ou outras formas de armazenamento de energia;
- Inclusão de outras formas de produção de energia, como eólica e cogeração.

Referências Documentais

- [1] M. ten Hoeve, “Direct load control for electricity supply and demand matching Increasing reliability of wind energy,” Lund University - LTH, 2009.
- [2] REN, “Dados técnicos 2014,” 2015.
- [3] R. K. Lam, D. H. Tran, and H. Yeh, “Economics of Residential Energy Arbitrage in California using a PV system with directly connected Energy Storage,” pp. 67–70, 2015.
- [4] W. Su, H. Rahimi-eichi, W. Zeng, and M. Chow, “A Survey on the Electrification of Transportation in a Smart Grid Environment,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2012.
- [5] IEA, “Key World Energy Statistics 2015,” 2015.
- [6] N. S. Lewis and D. G. Nocera, “Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 103, no. 43, pp. 15729–15735, 2006.
- [7] CRESESB, *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. 2004.
- [8] NASA, “How do Photovoltaics Work?,” *NASA Science*, 2002. [Online]. Available: <http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>. [Accessed: 20-Jun-2016].
- [9] H. E. Oliveira, “Tecnologia fotovoltaica em filmes finos (películas delgadas),” Universidade Federal de Lavras, 2008.
- [10] C. Sauer, “Análise de viabilidade econômica para instalação de microgeradores fotovoltaicos conectados à rede distribuidora (on grid) - Análise de payback,” Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, 2015.
- [11] H. G. Silva and M. Afonso, “Energia solar fotovoltaica: Contributo para um roadmapping do seu desenvolvimento tecnológico,” 2009.
- [12] Y. Wang, S. Member, X. Lin, S. Member, M. Pedram, and A. Integrating, “A Near-Optimal Model-Based Control Algorithm for Households Equipped With Residential Photovoltaic Power Generation and Energy Storage Systems,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 77–86, 2016.

- [13] F. C. Ruz and M. G. Pollitt, “Overcoming barriers to electrical energy storage : Comparing California and Europe,” 2016.
- [14] J. Soares, “Modified Particle Swarm Optimization for Day-Ahead Distributed Energy Resources Scheduling Including Vehicle-to-Grid,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011.
- [15] R. Leou, “Optimal Charging / Discharging Control for Electric Vehicles Considering Power System Constraints and Operation Costs,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 31, no. 3, pp. 1854–1860, 2016.
- [16] F. Fernandes, “Gestão Inteligente de uma Habitação considerando o Controlo de Cargas , de Microgeração e Veículos Elétricos em Função do seu Perfil de Utilização,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.
- [17] EDP Distribuição, “Introdução de tarifas dinâmicas no acesso às redes,” *Erse*, 2014.
- [18] J. Khoury, R. Mbayed, G. Salloum, and E. Monmasson, “Predictive demand side management of a residential house under intermittent primary energy source conditions,” *Energy Build.*, vol. 112, pp. 110–120, 2016.
- [19] F. Sehar, M. Pipattanasomporn, and S. Rahman, “An energy management model to study energy and peak power savings from PV and storage in demand responsive buildings,” *Appl. Energy*, vol. 173, pp. 406–417, 2016.
- [20] D. Setlhaolo and X. Xia, “Combined residential demand side management strategies with coordination and economic analysis,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 79, pp. 150–160, 2016.
- [21] O. Erdinc, N. G. Paterakis, J. P. S. Catalão, I. N. Pappi, and A. G. Bakirtzis, “Smart households and home energy management systems with innovative sizing of distributed generation and storage for customers,” *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2015-March, pp. 1462–1471, 2015.
- [22] Y. Huang, H. Tian, and L. Wang, “Demand response for home energy management system,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 73, pp. 448–455, 2015.
- [23] N. G. Paterakis, M. F. Medeiros, J. P. S. Catalao, A. Siaraka, A. G. Bakirtzis, and O. Erdinc, “Optimal daily operation of a smart-household under dynamic pricing considering thermostatically and non-thermostatically controllable appliances,” *Int. Conf. Power Eng. Energy Electr. Drives*, vol. 2015-Sept, pp. 389–393, 2015.
- [24] Y. Zhang, T. Zhang, R. Wang, Y. Liu, and B. Guo, “Optimal operation of a smart

- residential microgrid based on model predictive control by considering uncertainties and storage impacts,” *Sol. Energy*, vol. 122, pp. 1052–1065, 2015.
- [25] C. Wang, Y. Zhou, B. Jiao, Y. Wang, W. Liu, and D. Wang, “Robust optimization for load scheduling of a smart home with photovoltaic system,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 102, pp. 247–257, 2015.
 - [26] O. Erdinc, N. G. Paterakis, T. D. P. Mendes, A. G. Bakirtzis, and J. P. S. Catalão, “Smart Household Operation Considering Bi-Directional EV and ESS Utilization by Real-Time Pricing-Based DR,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 3, pp. 1281–1291, 2015.
 - [27] Z. Wu, H. Tazvinga, and X. Xia, “Demand side management of photovoltaic-battery hybrid system,” *Appl. Energy*, vol. 148, pp. 294–304, 2015.
 - [28] L. Yao, C.-C. Lai, and W. H. Lim, “Home Energy Management System Based on Photovoltaic System,” *2015 IEEE Int. Conf. Data Sci. Data Intensive Syst.*, pp. 644–650, 2015.
 - [29] O. Erdinc, N. G. Paterakis, I. N. Pappi, A. G. Bakirtzis, and J. P. S. Catalão, “A new perspective for sizing of distributed generation and energy storage for smart households under demand response,” *Appl. Energy*, vol. 143, pp. 26–37, 2015.
 - [30] J. Zhao, S. Kucuksari, E. Mazhari, and Y. J. Son, “Integrated analysis of high-penetration PV and PHEV with energy storage and demand response,” *Appl. Energy*, vol. 112, pp. 35–51, 2013.
 - [31] X. Chen, T. Wei, and S. Hu, “Uncertainty-aware household appliance scheduling considering dynamic electricity pricing in smart home,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 2, pp. 932–941, 2013.
 - [32] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, S. Rahman, S. Member, M. Kuzlu, and S. Rahman, “An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1–8, 2012.
 - [33] M. Kuzlu, M. Pipattanasomporn, and S. Rahman, “Hardware demonstration of a home energy management system for demand response applications,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1704–1711, 2012.
 - [34] E. Matallanas, M. Castillo-Cagigal, A. Gutiérrez, F. Monasterio-Huelin, E. Caamaño-Martín, D. Masa, and J. Jiménez-Leube, “Neural network controller for Active Demand-Side Management with PV energy in the residential sector,” *Appl. Energy*,

vol. 91, no. 1, pp. 90–97, 2012.

- [35] Z. Chen, L. Wu, and Y. Fu, “Real-time price-based demand response management for residential appliances via stochastic optimization and robust optimization,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1822–1831, 2012.
- [36] Q. Hu and F. Li, “Hardware design of smart home energy management system with dynamic price response,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 4, pp. 1878–1887, 2013.
- [37] M. Rastegar, M. Fotuhi-Firuzabad, and F. Aminifar, “Load commitment in a smart home,” *Appl. Energy*, vol. 96, pp. 45–54, 2012.
- [38] OMIE, “Resultados do Mercado,” 2016. [Online]. Available: <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>. [Accessed: 13-May-2016].
- [39] ERSE, “Preços de Referência no Mercado Liberalizado de Energia Elétrica e Gás Natural em Portugal,” 2016.
- [40] REE, “Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto,” 2016. [Online]. Available: <https://www.esios.ree.es/es/analisis/1013>. [Accessed: 13-May-2016].
- [41] IEEE, “Data Sets,” *Intelligent Data Mining and Analysis*, 2015. [Online]. Available: <http://sites.ieee.org/psace-idma/data-sets/>. [Accessed: 23-Mar-2016].
- [42] CIA, “Central bank discount rate,” *The World Factbook*, 2016. [Online]. Available: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2207rank.html>. [Accessed: 12-Jun-2016].

Anexo A. Dados de consumo da residência e produção PV utilizados

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
20/08/2012	00:00	179,872	0	23/01/2012	00:00	1347,944	0
20/08/2012	00:15	152,492	0	23/01/2012	00:15	598,196	0
20/08/2012	00:30	117,564	0	23/01/2012	00:30	713,14	0
20/08/2012	00:45	209,892	0	23/01/2012	00:45	401,804	0
20/08/2012	01:00	113,176	0	23/01/2012	01:00	180,02	0
20/08/2012	01:15	163,108	0	23/01/2012	01:15	250,672	0
20/08/2012	01:30	162,872	0	23/01/2012	01:30	166,324	0
20/08/2012	01:45	116,76	0	23/01/2012	01:45	208,352	0
20/08/2012	02:00	635,236	0	23/01/2012	02:00	271,956	0
20/08/2012	02:15	379,888	0	23/01/2012	02:15	598,952	0
20/08/2012	02:30	163,356	0	23/01/2012	02:30	410,028	0
20/08/2012	02:45	168,4	0	23/01/2012	02:45	196,672	0
20/08/2012	03:00	103,696	0	23/01/2012	03:00	227,704	0
20/08/2012	03:15	202,452	0	23/01/2012	03:15	159,196	0
20/08/2012	03:30	128,628	0	23/01/2012	03:30	205,676	0
20/08/2012	03:45	144,5	0	23/01/2012	03:45	226,824	0
20/08/2012	04:00	181,628	0	23/01/2012	04:00	185,156	0
20/08/2012	04:15	108,988	0	23/01/2012	04:15	290,448	0
20/08/2012	04:30	187,544	0	23/01/2012	04:30	641,864	0
20/08/2012	04:45	135,956	0	23/01/2012	04:45	607,56	0
20/08/2012	05:00	142,736	0	23/01/2012	05:00	158,112	0
20/08/2012	05:15	190,32	0	23/01/2012	05:15	155,616	0
20/08/2012	05:30	101,992	0	23/01/2012	05:30	283,936	0
20/08/2012	05:45	494,94	0	23/01/2012	05:45	182,712	0
20/08/2012	06:00	535,824	0	23/01/2012	06:00	156,964	0
20/08/2012	06:15	121,82	0	23/01/2012	06:15	182,144	0
20/08/2012	06:30	202,68	0	23/01/2012	06:30	290,524	0
20/08/2012	06:45	110,296	0	23/01/2012	06:45	156,948	0
20/08/2012	07:00	157,6	0	23/01/2012	07:00	419,4	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
20/08/2012	07:15	153,86	0	23/01/2012	07:15	627,824	0
20/08/2012	07:30	112,148	0	23/01/2012	07:30	516,768	0
20/08/2012	07:45	192,888	0	23/01/2012	07:45	330,048	0
20/08/2012	08:00	110,264	0	23/01/2012	08:00	1971,372	0
20/08/2012	08:15	155,384	349,74	23/01/2012	08:15	2225,212	0
20/08/2012	08:30	163,516	694,62	23/01/2012	08:30	1470,88	0
20/08/2012	08:45	96,736	762,24	23/01/2012	08:45	1464,928	0
20/08/2012	09:00	193,452	793,02	23/01/2012	09:00	1352,64	0
20/08/2012	09:15	120,92	817,74	23/01/2012	09:15	1405,048	99,78
20/08/2012	09:30	386,608	821,46	23/01/2012	09:30	1390,64	699,84
20/08/2012	09:45	615,348	848,88	23/01/2012	09:45	1113,572	501,96
20/08/2012	10:00	103,528	858,12	23/01/2012	10:00	1078,76	93,84
20/08/2012	10:15	182,712	861,78	23/01/2012	10:15	996,58	94,14
20/08/2012	10:30	125,676	861,06	23/01/2012	10:30	1262,832	467,04
20/08/2012	10:45	133,716	869,34	23/01/2012	10:45	704,852	830,46
20/08/2012	11:00	183,852	867,12	23/01/2012	11:00	728,34	366,96
20/08/2012	11:15	94,584	864,12	23/01/2012	11:15	1255,264	607,5
20/08/2012	11:30	178,156	867,12	23/01/2012	11:30	1390,912	909,36
20/08/2012	11:45	137,628	850,44	23/01/2012	11:45	585,456	0
20/08/2012	12:00	119,412	838,32	23/01/2012	12:00	1012,94	957,12
20/08/2012	12:15	189,204	861,24	23/01/2012	12:15	1087,2	99,18
20/08/2012	12:30	101,456	880,2	23/01/2012	12:30	505,316	351
20/08/2012	12:45	171,66	900,78	23/01/2012	12:45	301,14	116,04
20/08/2012	13:00	140,42	902,88	23/01/2012	13:00	417,228	0
20/08/2012	13:15	137,36	896,7	23/01/2012	13:15	648,072	330,6
20/08/2012	13:30	436,248	894,36	23/01/2012	13:30	812,732	710,64
20/08/2012	13:45	100,484	898,98	23/01/2012	13:45	2775,432	622,14
20/08/2012	14:00	165,112	889,38	23/01/2012	14:00	881,712	90,48
20/08/2012	14:15	152,648	889,74	23/01/2012	14:15	264,64	0
20/08/2012	14:30	103,724	893,88	23/01/2012	14:30	548,576	0
20/08/2012	14:45	195,948	900,66	23/01/2012	14:45	855,044	0
20/08/2012	15:00	112,84	881,64	23/01/2012	15:00	920,676	103,44
20/08/2012	15:15	150,268	891,24	23/01/2012	15:15	1032,364	0
20/08/2012	15:30	157,976	897,9	23/01/2012	15:30	550,176	92,22

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
20/08/2012	15:45	136,324	906	23/01/2012	15:45	923,524	72,6
20/08/2012	16:00	191,824	889,38	23/01/2012	16:00	448,8	22,26
20/08/2012	16:15	349,308	876,12	23/01/2012	16:15	506,68	1,62
20/08/2012	16:30	150,02	874,26	23/01/2012	16:30	1036,26	0
20/08/2012	16:45	169,964	875,76	23/01/2012	16:45	1925,34	0
20/08/2012	17:00	95,144	863,64	23/01/2012	17:00	1693,516	0
20/08/2012	17:15	191,872	853,5	23/01/2012	17:15	2170,42	0
20/08/2012	17:30	129,132	852,12	23/01/2012	17:30	2130,644	0
20/08/2012	17:45	133,404	842,4	23/01/2012	17:45	907,512	0
20/08/2012	18:00	179,624	826,98	23/01/2012	18:00	568,476	0
20/08/2012	18:15	103,392	807,48	23/01/2012	18:15	889,908	0
20/08/2012	18:30	180,416	771,06	23/01/2012	18:30	968,296	0
20/08/2012	18:45	406,024	748,98	23/01/2012	18:45	623,38	0
20/08/2012	19:00	668,536	712,5	23/01/2012	19:00	552,584	0
20/08/2012	19:15	181,784	663,6	23/01/2012	19:15	462,52	0
20/08/2012	19:30	95,668	593,4	23/01/2012	19:30	2106,448	0
20/08/2012	19:45	184,548	488,82	23/01/2012	19:45	1776,792	0
20/08/2012	20:00	136,368	353,64	23/01/2012	20:00	1646,424	0
20/08/2012	20:15	126,76	129,6	23/01/2012	20:15	1448,052	0
20/08/2012	20:30	185,688	0	23/01/2012	20:30	1068,776	0
20/08/2012	20:45	103,236	0	23/01/2012	20:45	1189,308	0
20/08/2012	21:00	182,888	0	23/01/2012	21:00	1462,344	0
20/08/2012	21:15	139,06	0	23/01/2012	21:15	1541,224	0
20/08/2012	21:30	139,096	0	23/01/2012	21:30	1624,14	0
20/08/2012	21:45	194,352	0	23/01/2012	21:45	2801,048	0
20/08/2012	22:00	102,388	0	23/01/2012	22:00	2225	0
20/08/2012	22:15	187,7	0	23/01/2012	22:15	1633,628	0
20/08/2012	22:30	145,62	0	23/01/2012	22:30	1450,404	0
20/08/2012	22:45	716,84	0	23/01/2012	22:45	3011,104	0
20/08/2012	23:00	1014,628	0	23/01/2012	23:00	1103,644	0
20/08/2012	23:15	286,5	0	23/01/2012	23:15	2233,596	0
20/08/2012	23:30	183,548	0	23/01/2012	23:30	1826,24	0
20/08/2012	23:45	140,816	0	23/01/2012	23:45	1233,772	0
21/08/2012	00:00	141,552	0	24/01/2012	00:00	1086,256	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
21/08/2012	00:15	193,348	0	24/01/2012	00:15	2603,768	0
21/08/2012	00:30	103,148	0	24/01/2012	00:30	747,604	0
21/08/2012	00:45	193,856	0	24/01/2012	00:45	417,472	0
21/08/2012	01:00	146,364	0	24/01/2012	01:00	240,656	0
21/08/2012	01:15	130,728	0	24/01/2012	01:15	229,32	0
21/08/2012	01:30	199,584	0	24/01/2012	01:30	164,664	0
21/08/2012	01:45	108,48	0	24/01/2012	01:45	187,012	0
21/08/2012	02:00	181,36	0	24/01/2012	02:00	293,3	0
21/08/2012	02:15	143,92	0	24/01/2012	02:15	413,388	0
21/08/2012	02:30	137,584	0	24/01/2012	02:30	812,876	0
21/08/2012	02:45	442,936	0	24/01/2012	02:45	684,008	0
21/08/2012	03:00	396,68	0	24/01/2012	03:00	345,676	0
21/08/2012	03:15	187,084	0	24/01/2012	03:15	283,2	0
21/08/2012	03:30	148,164	0	24/01/2012	03:30	159,408	0
21/08/2012	03:45	127,728	0	24/01/2012	03:45	202,276	0
21/08/2012	04:00	204,136	0	24/01/2012	04:00	214,108	0
21/08/2012	04:15	107,944	0	24/01/2012	04:15	158,956	0
21/08/2012	04:30	176,868	0	24/01/2012	04:30	254,8	0
21/08/2012	04:45	152,196	0	24/01/2012	04:45	206,956	0
21/08/2012	05:00	133,956	0	24/01/2012	05:00	489,124	0
21/08/2012	05:15	199,164	0	24/01/2012	05:15	601,74	0
21/08/2012	05:30	103,82	0	24/01/2012	05:30	472,052	0
21/08/2012	05:45	183,548	0	24/01/2012	05:45	221,552	0
21/08/2012	06:00	151,896	0	24/01/2012	06:00	198,348	0
21/08/2012	06:15	478,488	0	24/01/2012	06:15	210,268	0
21/08/2012	06:30	597,256	0	24/01/2012	06:30	208,312	0
21/08/2012	06:45	107,636	0	24/01/2012	06:45	185,304	0
21/08/2012	07:00	174,208	0	24/01/2012	07:00	220,944	0
21/08/2012	07:15	142,828	0	24/01/2012	07:15	210,332	0
21/08/2012	07:30	124,608	0	24/01/2012	07:30	242,816	0
21/08/2012	07:45	191,244	0	24/01/2012	07:45	551,108	0
21/08/2012	08:00	95,432	40,74	24/01/2012	08:00	2096,472	0
21/08/2012	08:15	176,292	95,64	24/01/2012	08:15	2262,796	0
21/08/2012	08:30	140,916	130,02	24/01/2012	08:30	1431,104	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
21/08/2012	08:45	115,264	353,4	24/01/2012	08:45	1153,952	0
21/08/2012	09:00	199,432	365,28	24/01/2012	09:00	1272,328	35,76
21/08/2012	09:15	97,46	374,76	24/01/2012	09:15	836,16	0,6
21/08/2012	09:30	167,316	206,34	24/01/2012	09:30	682,66	26,28
21/08/2012	09:45	147,588	168,36	24/01/2012	09:45	2624,544	101,28
21/08/2012	10:00	521,052	175,98	24/01/2012	10:00	911,156	134,7
21/08/2012	10:15	478,888	226,62	24/01/2012	10:15	845,336	298,32
21/08/2012	10:30	97,592	199,98	24/01/2012	10:30	1811,388	190,56
21/08/2012	10:45	175,144	252,6	24/01/2012	10:45	1247,964	212,46
21/08/2012	11:00	146,5	305,16	24/01/2012	11:00	774,848	239,76
21/08/2012	11:15	109,396	576,12	24/01/2012	11:15	614,868	362,76
21/08/2012	11:30	202,36	736,92	24/01/2012	11:30	330,336	426,96
21/08/2012	11:45	105,58	711,36	24/01/2012	11:45	1519,412	222,12
21/08/2012	12:00	157,756	863,16	24/01/2012	12:00	937,276	93,96
21/08/2012	12:15	158,592	969,6	24/01/2012	12:15	470,956	108,12
21/08/2012	12:30	107,192	947,64	24/01/2012	12:30	598,752	96,24
21/08/2012	12:45	198,336	969,78	24/01/2012	12:45	248,536	157,44
21/08/2012	13:00	113,796	950,22	24/01/2012	13:00	660,404	157,44
21/08/2012	13:15	157,58	976,56	24/01/2012	13:15	150,616	157,62
21/08/2012	13:30	162,852	967,44	24/01/2012	13:30	157,496	147,48
21/08/2012	13:45	496,876	969,06	24/01/2012	13:45	256,012	124,26
21/08/2012	14:00	204,068	957,9	24/01/2012	14:00	147,3	124,56
21/08/2012	14:15	119,352	981,06	24/01/2012	14:15	354,82	136,14
21/08/2012	14:30	143,628	1006,38	24/01/2012	14:30	287,152	96,24
21/08/2012	14:45	203,02	1001,1	24/01/2012	14:45	171,204	65,88
21/08/2012	15:00	100,632	984,24	24/01/2012	15:00	196,848	73,32
21/08/2012	15:15	189,684	931,02	24/01/2012	15:15	171,48	54,6
21/08/2012	15:30	123,092	967,32	24/01/2012	15:30	191,184	48,84
21/08/2012	15:45	148,312	730,98	24/01/2012	15:45	205,62	48,12
21/08/2012	16:00	171,68	828,6	24/01/2012	16:00	547,44	13,08
21/08/2012	16:15	96,344	626,58	24/01/2012	16:15	189,728	0
21/08/2012	16:30	197,104	360,24	24/01/2012	16:30	211,372	0
21/08/2012	16:45	126,568	318,78	24/01/2012	16:45	166,768	0
21/08/2012	17:00	421,884	292,98	24/01/2012	17:00	187,38	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
21/08/2012	17:15	188,408	287,28	24/01/2012	17:15	223,44	0
21/08/2012	17:30	99,112	179,4	24/01/2012	17:30	170,732	0
21/08/2012	17:45	181,488	171,12	24/01/2012	17:45	353,268	0
21/08/2012	18:00	137,012	176,28	24/01/2012	18:00	621,94	0
21/08/2012	18:15	134,92	192,96	24/01/2012	18:15	579,788	0
21/08/2012	18:30	187,04	87,78	24/01/2012	18:30	214,824	0
21/08/2012	18:45	96,94	58,14	24/01/2012	18:45	234,344	0
21/08/2012	19:00	185,98	4,38	24/01/2012	19:00	182,492	0
21/08/2012	19:15	138,3	0	24/01/2012	19:15	171,108	0
21/08/2012	19:30	124,608	0	24/01/2012	19:30	276,092	0
21/08/2012	19:45	438,404	0	24/01/2012	19:45	175,648	0
21/08/2012	20:00	557,508	0	24/01/2012	20:00	517,112	0
21/08/2012	20:15	174,252	0	24/01/2012	20:15	3064,164	0
21/08/2012	20:30	144,024	0	24/01/2012	20:30	2359,548	0
21/08/2012	20:45	129,02	0	24/01/2012	20:45	1278,524	0
21/08/2012	21:00	195,6	0	24/01/2012	21:00	1591,204	0
21/08/2012	21:15	103,768	0	24/01/2012	21:15	1352,324	0
21/08/2012	21:30	189,656	0	24/01/2012	21:30	1936,02	0
21/08/2012	21:45	145,132	0	24/01/2012	21:45	2737,168	0
21/08/2012	22:00	130,196	0	24/01/2012	22:00	1254,34	0
21/08/2012	22:15	205,724	0	24/01/2012	22:15	1915,168	0
21/08/2012	22:30	105,316	0	24/01/2012	22:30	1717,352	0
21/08/2012	22:45	731,996	0	24/01/2012	22:45	1282,412	0
21/08/2012	23:00	485,412	0	24/01/2012	23:00	998,968	0
21/08/2012	23:15	132	0	24/01/2012	23:15	946,096	0
21/08/2012	23:30	637,492	0	24/01/2012	23:30	906,068	0
21/08/2012	23:45	560,66	0	24/01/2012	23:45	824,416	0
22/08/2012	00:00	187,276	0	25/01/2012	00:00	801,548	0
22/08/2012	00:15	145,096	0	25/01/2012	00:15	717,876	0
22/08/2012	00:30	128,12	0	25/01/2012	00:30	544,588	0
22/08/2012	00:45	210,436	0	25/01/2012	00:45	256,944	0
22/08/2012	01:00	103,88	0	25/01/2012	01:00	280,648	0
22/08/2012	01:15	177,148	0	25/01/2012	01:15	149,056	0
22/08/2012	01:30	153,476	0	25/01/2012	01:30	200,58	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
22/08/2012	01:45	127,884	0	25/01/2012	01:45	189,676	0
22/08/2012	02:00	197,668	0	25/01/2012	02:00	194,084	0
22/08/2012	02:15	105,472	0	25/01/2012	02:15	235,392	0
22/08/2012	02:30	182,86	0	25/01/2012	02:30	485,404	0
22/08/2012	02:45	148,128	0	25/01/2012	02:45	556,824	0
22/08/2012	03:00	121,94	0	25/01/2012	03:00	398,932	0
22/08/2012	03:15	209,048	0	25/01/2012	03:15	204,088	0
22/08/2012	03:30	105,832	0	25/01/2012	03:30	205,632	0
22/08/2012	03:45	585,28	0	25/01/2012	03:45	182,656	0
22/08/2012	04:00	445,672	0	25/01/2012	04:00	158,868	0
22/08/2012	04:15	120,296	0	25/01/2012	04:15	236,688	0
22/08/2012	04:30	200,112	0	25/01/2012	04:30	212,292	0
22/08/2012	04:45	111,412	0	25/01/2012	04:45	183,62	0
22/08/2012	05:00	174,032	0	25/01/2012	05:00	314,388	0
22/08/2012	05:15	153,932	0	25/01/2012	05:15	551,444	0
22/08/2012	05:30	119,672	0	25/01/2012	05:30	601,236	0
22/08/2012	05:45	209,26	0	25/01/2012	05:45	270,092	0
22/08/2012	06:00	107,14	0	25/01/2012	06:00	199,284	0
22/08/2012	06:15	167,104	0	25/01/2012	06:15	232,428	0
22/08/2012	06:30	164,516	0	25/01/2012	06:30	158,224	0
22/08/2012	06:45	114,404	0	25/01/2012	06:45	180,084	0
22/08/2012	07:00	192,98	0	25/01/2012	07:00	203,776	0
22/08/2012	07:15	110,828	0	25/01/2012	07:15	162,264	0
22/08/2012	07:30	303,104	0	25/01/2012	07:30	369,548	0
22/08/2012	07:45	617,288	0	25/01/2012	07:45	448,172	0
22/08/2012	08:00	173,132	0	25/01/2012	08:00	1889,312	0
22/08/2012	08:15	199,808	54,9	25/01/2012	08:15	2498,752	0
22/08/2012	08:30	111,676	78,36	25/01/2012	08:30	1387,168	0
22/08/2012	08:45	146,136	74,94	25/01/2012	08:45	1496,492	0
22/08/2012	09:00	172,268	136,74	25/01/2012	09:00	1464,72	0
22/08/2012	09:15	98,964	289,98	25/01/2012	09:15	1145,012	21,12
22/08/2012	09:30	190,384	289,5	25/01/2012	09:30	640,932	0
22/08/2012	09:45	121,892	289,86	25/01/2012	09:45	566,688	4,68
22/08/2012	10:00	147,44	614,52	25/01/2012	10:00	700,96	140,16

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
22/08/2012	10:15	166,112	340,44	25/01/2012	10:15	586,596	73,32
22/08/2012	10:30	99,504	588,24	25/01/2012	10:30	1789,6	136,56
22/08/2012	10:45	196,26	481,98	25/01/2012	10:45	1568,624	205,8
22/08/2012	11:00	120,392	1028,88	25/01/2012	11:00	1799,492	201,12
22/08/2012	11:15	290,556	848,52	25/01/2012	11:15	872,096	110,64
22/08/2012	11:30	510,248	954,36	25/01/2012	11:30	288,192	165,6
22/08/2012	11:45	97,62	915,6	25/01/2012	11:45	386,684	124,08
22/08/2012	12:00	188,16	936,36	25/01/2012	12:00	550,528	159,3
22/08/2012	12:15	129,684	889,14	25/01/2012	12:15	574,912	168,84
22/08/2012	12:30	138,492	896,7	25/01/2012	12:30	219,72	108
22/08/2012	12:45	181,26	949,02	25/01/2012	12:45	190,52	124,8
22/08/2012	13:00	100,412	948,36	25/01/2012	13:00	481,9	51,36
22/08/2012	13:15	186,256	941,52	25/01/2012	13:15	763,884	101,16
22/08/2012	13:30	161,504	938,64	25/01/2012	13:30	780,436	97,08
22/08/2012	13:45	126,34	959,88	25/01/2012	13:45	382,28	132,12
22/08/2012	14:00	195,304	948,12	25/01/2012	14:00	788,724	134,1
22/08/2012	14:15	97,252	945,9	25/01/2012	14:15	705,6	0
22/08/2012	14:30	173,764	945,12	25/01/2012	14:30	717,484	12,12
22/08/2012	14:45	432,152	954,78	25/01/2012	14:45	1954,56	11,04
22/08/2012	15:00	274,836	961,14	25/01/2012	15:00	2315,976	8,64
22/08/2012	15:15	193,624	962,1	25/01/2012	15:15	884,596	9,54
22/08/2012	15:30	103,22	955,14	25/01/2012	15:30	280,804	4,68
22/08/2012	15:45	167,132	945,9	25/01/2012	15:45	241,408	0
22/08/2012	16:00	148,956	931,5	25/01/2012	16:00	403,18	0
22/08/2012	16:15	114,032	944,4	25/01/2012	16:15	757,94	0
22/08/2012	16:30	203,104	946,32	25/01/2012	16:30	717,696	0
22/08/2012	16:45	101,38	946,86	25/01/2012	16:45	3116,728	0
22/08/2012	17:00	161,06	886,26	25/01/2012	17:00	2424,512	0
22/08/2012	17:15	161,704	933,36	25/01/2012	17:15	2001,556	0
22/08/2012	17:30	106,492	883,8	25/01/2012	17:30	1611,508	0
22/08/2012	17:45	195,316	898,98	25/01/2012	17:45	603,788	0
22/08/2012	18:00	176,9	850,74	25/01/2012	18:00	711,9	0
22/08/2012	18:15	686,384	840	25/01/2012	18:15	605,184	0
22/08/2012	18:30	226,012	775,5	25/01/2012	18:30	458,148	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
22/08/2012	18:45	100,748	767,88	25/01/2012	18:45	238,784	0
22/08/2012	19:00	200,284	625,14	25/01/2012	19:00	256,936	0
22/08/2012	19:15	119,72	280,98	25/01/2012	19:15	188,612	0
22/08/2012	19:30	145,316	56,58	25/01/2012	19:30	274,472	0
22/08/2012	19:45	199,704	0	25/01/2012	19:45	604,464	0
22/08/2012	20:00	190,844	0	25/01/2012	20:00	2479,108	0
22/08/2012	20:15	353,04	0	25/01/2012	20:15	2779,236	0
22/08/2012	20:30	277,26	0	25/01/2012	20:30	1751,5	0
22/08/2012	20:45	212,008	0	25/01/2012	20:45	1555,58	0
22/08/2012	21:00	217,032	0	25/01/2012	21:00	1538,964	0
22/08/2012	21:15	197,016	0	25/01/2012	21:15	1334,048	0
22/08/2012	21:30	145,264	0	25/01/2012	21:30	1416,712	0
22/08/2012	21:45	188,848	0	25/01/2012	21:45	1879,372	0
22/08/2012	22:00	492,332	0	25/01/2012	22:00	2545,644	0
22/08/2012	22:15	485,928	0	25/01/2012	22:15	2615,648	0
22/08/2012	22:30	111,668	0	25/01/2012	22:30	2177,52	0
22/08/2012	22:45	739,612	0	25/01/2012	22:45	2145,22	0
22/08/2012	23:00	478,324	0	25/01/2012	23:00	1233,196	0
22/08/2012	23:15	164,936	0	25/01/2012	23:15	1189,82	0
22/08/2012	23:30	157,672	0	25/01/2012	23:30	1169,672	0
22/08/2012	23:45	126,504	0	25/01/2012	23:45	939,744	0
23/08/2012	00:00	205,748	0	26/01/2012	00:00	815,316	0
23/08/2012	00:15	107,856	0	26/01/2012	00:15	620,784	0
23/08/2012	00:30	175,996	0	26/01/2012	00:30	329,656	0
23/08/2012	00:45	163,56	0	26/01/2012	00:45	194,46	0
23/08/2012	01:00	127,092	0	26/01/2012	01:00	269,012	0
23/08/2012	01:15	200,34	0	26/01/2012	01:15	172,772	0
23/08/2012	01:30	115,14	0	26/01/2012	01:30	193,284	0
23/08/2012	01:45	552,4	0	26/01/2012	01:45	197,448	0
23/08/2012	02:00	361,88	0	26/01/2012	02:00	204,776	0
23/08/2012	02:15	119,868	0	26/01/2012	02:15	550,52	0
23/08/2012	02:30	205,236	0	26/01/2012	02:30	602,216	0
23/08/2012	02:45	116,472	0	26/01/2012	02:45	161,732	0
23/08/2012	03:00	162,468	0	26/01/2012	03:00	227,5	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
23/08/2012	03:15	174,48	0	26/01/2012	03:15	225,124	0
23/08/2012	03:30	107,96	0	26/01/2012	03:30	231,636	0
23/08/2012	03:45	199,052	0	26/01/2012	03:45	153,316	0
23/08/2012	04:00	133,984	0	26/01/2012	04:00	233,484	0
23/08/2012	04:15	152,02	0	26/01/2012	04:15	158,084	0
23/08/2012	04:30	177,448	0	26/01/2012	04:30	359,344	0
23/08/2012	04:45	109,564	0	26/01/2012	04:45	609,796	0
23/08/2012	05:00	194,224	0	26/01/2012	05:00	594,216	0
23/08/2012	05:15	519,24	0	26/01/2012	05:15	288,364	0
23/08/2012	05:30	482,764	0	26/01/2012	05:30	178,66	0
23/08/2012	05:45	199,644	0	26/01/2012	05:45	212,896	0
23/08/2012	06:00	102,768	0	26/01/2012	06:00	199,072	0
23/08/2012	06:15	175,32	0	26/01/2012	06:15	1522,176	0
23/08/2012	06:30	160,944	0	26/01/2012	06:30	1035,12	0
23/08/2012	06:45	116,964	0	26/01/2012	06:45	596,36	0
23/08/2012	07:00	199,632	0	26/01/2012	07:00	593,2	0
23/08/2012	07:15	115,192	0	26/01/2012	07:15	551,304	0
23/08/2012	07:30	155,448	0	26/01/2012	07:30	689,068	0
23/08/2012	07:45	157,652	0	26/01/2012	07:45	638,844	0
23/08/2012	08:00	103,22	0	26/01/2012	08:00	1691,892	0
23/08/2012	08:15	196,024	0	26/01/2012	08:15	2553,524	0
23/08/2012	08:30	114,872	0	26/01/2012	08:30	1577,684	0
23/08/2012	08:45	141,944	47,46	26/01/2012	08:45	1163,516	0
23/08/2012	09:00	463,476	60,42	26/01/2012	09:00	1440,528	0
23/08/2012	09:15	601,52	82,74	26/01/2012	09:15	1504,152	47,16
23/08/2012	09:30	193,872	134,46	26/01/2012	09:30	730,532	21,42
23/08/2012	09:45	136,452	128,94	26/01/2012	09:45	714,996	51,12
23/08/2012	10:00	127,772	194,04	26/01/2012	10:00	1935,896	116,04
23/08/2012	10:15	185,412	146,58	26/01/2012	10:15	2918,08	335,52
23/08/2012	10:30	99,616	214,2	26/01/2012	10:30	1184,844	877,08
23/08/2012	10:45	172,196	367,14	26/01/2012	10:45	301,988	881,76
23/08/2012	11:00	143,68	323,46	26/01/2012	11:00	644,632	879,12
23/08/2012	11:15	110,48	820,32	26/01/2012	11:15	2071,94	944,64
23/08/2012	11:30	200,852	739,38	26/01/2012	11:30	2772,184	824,4

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
23/08/2012	11:45	105,244	872,04	26/01/2012	11:45	1307,592	1022,1
23/08/2012	12:00	154,3	910,14	26/01/2012	12:00	1696,02	286,32
23/08/2012	12:15	166,444	914,16	26/01/2012	12:15	655,812	481,08
23/08/2012	12:30	99,844	886,08	26/01/2012	12:30	727,284	973,68
23/08/2012	12:45	196,048	903,6	26/01/2012	12:45	850,712	790,8
23/08/2012	13:00	240,024	909,72	26/01/2012	13:00	650,068	748,56
23/08/2012	13:15	257,216	931,02	26/01/2012	13:15	625,76	801,78
23/08/2012	13:30	176,936	944,82	26/01/2012	13:30	543,132	987,84
23/08/2012	13:45	99,008	952,86	26/01/2012	13:45	764,54	992,46
23/08/2012	14:00	186,212	955,26	26/01/2012	14:00	724,16	370,32
23/08/2012	14:15	136,012	946,32	26/01/2012	14:15	686,052	284,46
23/08/2012	14:30	118,772	943,86	26/01/2012	14:30	596,768	180,36
23/08/2012	14:45	202,404	955,02	26/01/2012	14:45	548,888	170,82
23/08/2012	15:00	99,424	953,1	26/01/2012	15:00	641,568	199,08
23/08/2012	15:15	191,816	963,72	26/01/2012	15:15	614,124	295,8
23/08/2012	15:30	158,084	949,44	26/01/2012	15:30	550,46	344,82
23/08/2012	15:45	333,116	952,74	26/01/2012	15:45	548,132	312,84
23/08/2012	16:00	651,336	944,82	26/01/2012	16:00	182,728	116,16
23/08/2012	16:15	112,916	933,06	26/01/2012	16:15	188,592	75,48
23/08/2012	16:30	157,24	937,26	26/01/2012	16:30	177,456	125,52
23/08/2012	16:45	165,004	921,72	26/01/2012	16:45	174,336	270,84
23/08/2012	17:00	98,524	921,96	26/01/2012	17:00	139,528	171,66
23/08/2012	17:15	201,168	914,58	26/01/2012	17:15	230,772	0
23/08/2012	17:30	123,616	896,82	26/01/2012	17:30	342,536	0
23/08/2012	17:45	136,6	867,06	26/01/2012	17:45	546,284	0
23/08/2012	18:00	187,736	859,8	26/01/2012	18:00	617,82	0
23/08/2012	18:15	98,68	841,68	26/01/2012	18:15	256,044	0
23/08/2012	18:30	180,976	802,62	26/01/2012	18:30	143,396	0
23/08/2012	18:45	136,84	770,28	26/01/2012	18:45	192,944	0
23/08/2012	19:00	132,724	721,38	26/01/2012	19:00	235,404	0
23/08/2012	19:15	185,992	646,68	26/01/2012	19:15	144,084	0
23/08/2012	19:30	421,7	554,34	26/01/2012	19:30	1063,752	0
23/08/2012	19:45	538,944	238,74	26/01/2012	19:45	2246,204	0
23/08/2012	20:00	138,748	0	26/01/2012	20:00	1991	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
23/08/2012	20:15	120,148	0	26/01/2012	20:15	1838,844	0
23/08/2012	20:30	200,948	0	26/01/2012	20:30	1652,688	0
23/08/2012	20:45	101,764	0	26/01/2012	20:45	1529,672	0
23/08/2012	21:00	171,02	0	26/01/2012	21:00	1822,052	0
23/08/2012	21:15	159,96	0	26/01/2012	21:15	2124,02	0
23/08/2012	21:30	118,524	0	26/01/2012	21:30	2243,056	0
23/08/2012	21:45	200,976	0	26/01/2012	21:45	2620,536	0
23/08/2012	22:00	118,1	0	26/01/2012	22:00	1420,652	0
23/08/2012	22:15	165,672	0	26/01/2012	22:15	1316,336	0
23/08/2012	22:30	170,228	0	26/01/2012	22:30	1315,868	0
23/08/2012	22:45	1734,658	0	26/01/2012	22:45	1734,658	0
23/08/2012	23:00	552,404	0	26/01/2012	23:00	2241,084	0
23/08/2012	23:15	426,088	0	26/01/2012	23:15	1578,328	0
23/08/2012	23:30	590,224	0	26/01/2012	23:30	1196,024	0
23/08/2012	23:45	257,056	0	26/01/2012	23:45	909,196	0
24/08/2012	00:00	107,236	0	27/01/2012	00:00	714,224	0
24/08/2012	00:15	194,396	0	27/01/2012	00:15	383,468	0
24/08/2012	00:30	194,396	0	27/01/2012	00:30	266,424	0
24/08/2012	00:45	132,704	0	27/01/2012	00:45	302,628	0
24/08/2012	01:00	149,396	0	27/01/2012	01:00	216,572	0
24/08/2012	01:15	187,332	0	27/01/2012	01:15	289,076	0
24/08/2012	01:30	102,392	0	27/01/2012	01:30	213,356	0
24/08/2012	01:45	187,94	0	27/01/2012	01:45	412,304	0
24/08/2012	02:00	145,296	0	27/01/2012	02:00	679,56	0
24/08/2012	02:15	124,972	0	27/01/2012	02:15	537,256	0
24/08/2012	02:30	205,936	0	27/01/2012	02:30	208,792	0
24/08/2012	02:45	104,216	0	27/01/2012	02:45	281,1	0
24/08/2012	03:00	170,376	0	27/01/2012	03:00	257,9	0
24/08/2012	03:15	157,076	0	27/01/2012	03:15	212,604	0
24/08/2012	03:30	563,064	0	27/01/2012	03:30	280,208	0
24/08/2012	03:45	626,784	0	27/01/2012	03:45	210,344	0
24/08/2012	04:00	243,704	0	27/01/2012	04:00	216,828	0
24/08/2012	04:15	167,024	0	27/01/2012	04:15	633,584	0
24/08/2012	04:30	166,592	0	27/01/2012	04:30	595,208	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
24/08/2012	04:45	106,324	0	27/01/2012	04:45	592,008	0
24/08/2012	05:00	205,748	0	27/01/2012	05:00	327,472	0
24/08/2012	05:15	123,968	0	27/01/2012	05:15	202,608	0
24/08/2012	05:30	148,432	0	27/01/2012	05:30	264,92	0
24/08/2012	05:45	181,02	0	27/01/2012	05:45	276,588	0
24/08/2012	06:00	107,164	0	27/01/2012	06:00	201,284	0
24/08/2012	06:15	188,516	0	27/01/2012	06:15	218,912	0
24/08/2012	06:30	136,748	0	27/01/2012	06:30	278,816	0
24/08/2012	06:45	140,356	0	27/01/2012	06:45	203,124	0
24/08/2012	07:00	192,116	0	27/01/2012	07:00	374,004	0
24/08/2012	07:15	101,644	0	27/01/2012	07:15	716,448	0
24/08/2012	07:30	178,864	0	27/01/2012	07:30	636,02	0
24/08/2012	07:45	374,796	0	27/01/2012	07:45	1105,916	0
24/08/2012	08:00	539,764	0,6	27/01/2012	08:00	2050,904	0
24/08/2012	08:15	198,724	377,4	27/01/2012	08:15	2382,332	0
24/08/2012	08:30	104,648	765,6	27/01/2012	08:30	1302,98	0
24/08/2012	08:45	156,228	813,36	27/01/2012	08:45	1198,624	0
24/08/2012	09:00	152,996	857,52	27/01/2012	09:00	798,268	0
24/08/2012	09:15	109,064	865,5	27/01/2012	09:15	844,84	0
24/08/2012	09:30	191,484	887,28	27/01/2012	09:30	747,204	0
24/08/2012	09:45	108,64	903,54	27/01/2012	09:45	762,96	0
24/08/2012	10:00	155,956	900,72	27/01/2012	10:00	804,676	0
24/08/2012	10:15	163,036	893,52	27/01/2012	10:15	427,944	0
24/08/2012	10:30	95,58	908,1	27/01/2012	10:30	1251,996	0
24/08/2012	10:45	193,652	906,84	27/01/2012	10:45	791,332	0
24/08/2012	11:00	124,796	897,9	27/01/2012	11:00	635,624	0
24/08/2012	11:15	129,74	898,98	27/01/2012	11:15	767,172	0
24/08/2012	11:30	585,116	901,38	27/01/2012	11:30	601,176	0
24/08/2012	11:45	184,88	902,1	27/01/2012	11:45	1039,036	0
24/08/2012	12:00	168,604	911,4	27/01/2012	12:00	564,004	0
24/08/2012	12:15	138,824	915,6	27/01/2012	12:15	337,352	0
24/08/2012	12:30	119,696	912,9	27/01/2012	12:30	642,376	0
24/08/2012	12:45	192,036	919,62	27/01/2012	12:45	819,048	0
24/08/2012	13:00	105,596	933,78	27/01/2012	13:00	571,868	12,96

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
24/08/2012	13:15	161,972	929,52	27/01/2012	13:15	887,956	161,64
24/08/2012	13:30	157,488	916,98	27/01/2012	13:30	1983,18	77,28
24/08/2012	13:45	99,224	937,26	27/01/2012	13:45	1669,34	53,88
24/08/2012	14:00	195,304	917,28	27/01/2012	14:00	1003,18	70,26
24/08/2012	14:15	118,332	930,84	27/01/2012	14:15	885,948	101,16
24/08/2012	14:30	143,316	921,6	27/01/2012	14:30	2405,552	15,06
24/08/2012	14:45	436,064	936,36	27/01/2012	14:45	2167,684	60,66
24/08/2012	15:00	466,816	945,12	27/01/2012	15:00	1120,12	506,7
24/08/2012	15:15	185,54	948,36	27/01/2012	15:15	352,296	324,48
24/08/2012	15:30	122,424	940,74	27/01/2012	15:30	221,9	671,04
24/08/2012	15:45	139,816	942,9	27/01/2012	15:45	297,508	246,12
24/08/2012	16:00	179,964	936,48	27/01/2012	16:00	585,388	151,32
24/08/2012	16:15	95,324	927,24	27/01/2012	16:15	695,964	479,52
24/08/2012	16:30	178,332	917,52	27/01/2012	16:30	1345,128	12,96
24/08/2012	16:45	141,044	909,48	27/01/2012	16:45	2508,46	31,14
24/08/2012	17:00	114,832	882,12	27/01/2012	17:00	3899,996	0
24/08/2012	17:15	194,132	875,52	27/01/2012	17:15	2996,648	50,1
24/08/2012	17:30	106,248	853,08	27/01/2012	17:30	1677,18	24,96
24/08/2012	17:45	158,748	834,12	27/01/2012	17:45	1154,6	0
24/08/2012	18:00	151,112	817,32	27/01/2012	18:00	681,94	0
24/08/2012	18:15	363,528	798,9	27/01/2012	18:15	2022,524	0
24/08/2012	18:30	716,536	752,7	27/01/2012	18:30	2546,652	0
24/08/2012	18:45	896,772	680,1	27/01/2012	18:45	2308,72	0
24/08/2012	19:00	1135,944	618,24	27/01/2012	19:00	3368,376	0
24/08/2012	19:15	1128,116	495	27/01/2012	19:15	2609,172	0
24/08/2012	19:30	1786,172	417,9	27/01/2012	19:30	1875,408	0
24/08/2012	19:45	1296,916	330,9	27/01/2012	19:45	2445,116	0
24/08/2012	20:00	2120,504	167,28	27/01/2012	20:00	1928,444	0
24/08/2012	20:15	2333,708	2,76	27/01/2012	20:15	1598,132	0
24/08/2012	20:30	1657,132	0	27/01/2012	20:30	1187,636	0
24/08/2012	20:45	2521,856	0	27/01/2012	20:45	1301,828	0
24/08/2012	21:00	2383,228	0	27/01/2012	21:00	1698,94	0
24/08/2012	21:15	2108,148	0	27/01/2012	21:15	1894,984	0
24/08/2012	21:30	1523,328	0	27/01/2012	21:30	2387,004	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
24/08/2012	21:45	1432,464	0	27/01/2012	21:45	1643,836	0
24/08/2012	22:00	1902,312	0	27/01/2012	22:00	1454,696	0
24/08/2012	22:15	1999,752	0	27/01/2012	22:15	2376,396	0
24/08/2012	22:30	2056,276	0	27/01/2012	22:30	3954,096	0
24/08/2012	22:45	2008,084	0	27/01/2012	22:45	4002,892	0
24/08/2012	23:00	3957,376	0	27/01/2012	23:00	1934,46	0
24/08/2012	23:15	2827,872	0	27/01/2012	23:15	1772,48	0
24/08/2012	23:30	2378,008	0	27/01/2012	23:30	1053,284	0
24/08/2012	23:45	1861,904	0	27/01/2012	23:45	972,4	0
25/08/2012	00:00	1965,376	0	28/01/2012	00:00	739,836	0
25/08/2012	00:15	2960,024	0	28/01/2012	00:15	366,268	0
25/08/2012	00:30	1392,804	0	28/01/2012	00:30	265,932	0
25/08/2012	00:45	1043,004	0	28/01/2012	00:45	170,236	0
25/08/2012	01:00	1083,94	0	28/01/2012	01:00	179,324	0
25/08/2012	01:15	1034,376	0	28/01/2012	01:15	215,112	0
25/08/2012	01:30	1101,744	0	28/01/2012	01:30	166,012	0
25/08/2012	01:45	1036,308	0	28/01/2012	01:45	284,832	0
25/08/2012	02:00	1154,924	0	28/01/2012	02:00	552,984	0
25/08/2012	02:15	1030,384	0	28/01/2012	02:15	524,8	0
25/08/2012	02:30	649,468	0	28/01/2012	02:30	322,176	0
25/08/2012	02:45	271,476	0	28/01/2012	02:45	189,356	0
25/08/2012	03:00	150,592	0	28/01/2012	03:00	151,892	0
25/08/2012	03:15	188,224	0	28/01/2012	03:15	149,508	0
25/08/2012	03:30	226,704	0	28/01/2012	03:30	275,72	0
25/08/2012	03:45	137,372	0	28/01/2012	03:45	155,716	0
25/08/2012	04:00	215,792	0	28/01/2012	04:00	150,636	0
25/08/2012	04:15	350,544	0	28/01/2012	04:15	181,896	0
25/08/2012	04:30	609,96	0	28/01/2012	04:30	429,116	0
25/08/2012	04:45	418,188	0	28/01/2012	04:45	537,54	0
25/08/2012	05:00	162,336	0	28/01/2012	05:00	527,452	0
25/08/2012	05:15	218,436	0	28/01/2012	05:15	401,892	0
25/08/2012	05:30	137,628	0	28/01/2012	05:30	163,916	0
25/08/2012	05:45	234,824	0	28/01/2012	05:45	150,296	0
25/08/2012	06:00	145,636	0	28/01/2012	06:00	168,788	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
25/08/2012	06:15	202,812	0	28/01/2012	06:15	240,948	0
25/08/2012	06:30	170,164	0	28/01/2012	06:30	229,596	0
25/08/2012	06:45	185,212	0	28/01/2012	06:45	381,376	0
25/08/2012	07:00	191,796	0	28/01/2012	07:00	272,74	0
25/08/2012	07:15	149,572	0	28/01/2012	07:15	255,452	0
25/08/2012	07:30	305,448	0	28/01/2012	07:30	499,668	0
25/08/2012	07:45	575,616	31,74	28/01/2012	07:45	1230,216	0
25/08/2012	08:00	273,116	126,48	28/01/2012	08:00	1036,12	0
25/08/2012	08:15	229,532	222,6	28/01/2012	08:15	1414,044	0
25/08/2012	08:30	283,824	395,76	28/01/2012	08:30	1652,292	0
25/08/2012	08:45	385,812	522,96	28/01/2012	08:45	2257,636	141,42
25/08/2012	09:00	238,028	517,5	28/01/2012	09:00	3404,328	152,58
25/08/2012	09:15	284,856	597,24	28/01/2012	09:15	3302,668	178,02
25/08/2012	09:30	306,844	664,26	28/01/2012	09:30	1398,504	222,48
25/08/2012	09:45	364,428	756,48	28/01/2012	09:45	1076,228	130,86
25/08/2012	10:00	440,436	794,34	28/01/2012	10:00	1863,404	99,54
25/08/2012	10:15	977,892	816,24	28/01/2012	10:15	1802,5	305,28
25/08/2012	10:30	964,164	839,64	28/01/2012	10:30	1114,544	222,6
25/08/2012	10:45	1126,78	837,06	28/01/2012	10:45	926,78	257,76
25/08/2012	11:00	1003,612	839,64	28/01/2012	11:00	654,032	229,98
25/08/2012	11:15	492,344	824,28	28/01/2012	11:15	683,148	220,92
25/08/2012	11:30	1023,272	840	28/01/2012	11:30	621,364	491,16
25/08/2012	11:45	2339,648	859,38	28/01/2012	11:45	650,144	279,18
25/08/2012	12:00	850,896	843,48	28/01/2012	12:00	242,676	328,68
25/08/2012	12:15	570,62	855,48	28/01/2012	12:15	159,792	927,6
25/08/2012	12:30	326,476	864,48	28/01/2012	12:30	177,952	848,34
25/08/2012	12:45	1175,552	862,92	28/01/2012	12:45	210,62	777,12
25/08/2012	13:00	2626,672	880,86	28/01/2012	13:00	158,524	715,62
25/08/2012	13:15	3513,564	890,4	28/01/2012	13:15	1144,484	646,02
25/08/2012	13:30	1665,212	887,4	28/01/2012	13:30	552,236	850,56
25/08/2012	13:45	1804,664	916,38	28/01/2012	13:45	555,664	839,76
25/08/2012	14:00	1915,264	924,9	28/01/2012	14:00	738,856	697,02
25/08/2012	14:15	1425,636	945,42	28/01/2012	14:15	849,984	782,64
25/08/2012	14:30	721,044	940,74	28/01/2012	14:30	1777,68	715,14

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
25/08/2012	14:45	806,468	946,14	28/01/2012	14:45	2442,772	795,9
25/08/2012	15:00	629,672	936,24	28/01/2012	15:00	776,036	739,74
25/08/2012	15:15	456,196	934,98	28/01/2012	15:15	376,804	727,14
25/08/2012	15:30	852,88	927,78	28/01/2012	15:30	245,652	662,4
25/08/2012	15:45	310,296	925,14	28/01/2012	15:45	310,868	736,68
25/08/2012	16:00	464,316	918,9	28/01/2012	16:00	239,224	566,76
25/08/2012	16:15	517,452	908,76	28/01/2012	16:15	2434,616	155,88
25/08/2012	16:30	684,536	860,4	28/01/2012	16:30	769,476	85,38
25/08/2012	16:45	1880,732	719,46	28/01/2012	16:45	188,38	57,24
25/08/2012	17:00	1074,82	736,14	28/01/2012	17:00	264,812	73,5
25/08/2012	17:15	1148,504	703,68	28/01/2012	17:15	217,904	10,74
25/08/2012	17:30	1105,728	570,78	28/01/2012	17:30	666,184	0
25/08/2012	17:45	1072,532	634,5	28/01/2012	17:45	848,556	0
25/08/2012	18:00	822,64	516,24	28/01/2012	18:00	922,16	0
25/08/2012	18:15	2980,832	616,26	28/01/2012	18:15	985,384	0
25/08/2012	18:30	1173,984	643,56	28/01/2012	18:30	1843,18	0
25/08/2012	18:45	1769,224	603,36	28/01/2012	18:45	2767,84	0
25/08/2012	19:00	1541,084	505,74	28/01/2012	19:00	1854,544	0
25/08/2012	19:15	1522,364	416,58	28/01/2012	19:15	3463,36	0
25/08/2012	19:30	3941,364	302,7	28/01/2012	19:30	3332,044	0
25/08/2012	19:45	2365,564	67,68	28/01/2012	19:45	3235,656	0
25/08/2012	20:00	1803,12	0	28/01/2012	20:00	2035,616	0
25/08/2012	20:15	2766,752	0	28/01/2012	20:15	1493,448	0
25/08/2012	20:30	1950,06	0	28/01/2012	20:30	1324,076	0
25/08/2012	20:45	3310,888	0	28/01/2012	20:45	1278,336	0
25/08/2012	21:00	3253,9	0	28/01/2012	21:00	1391,124	0
25/08/2012	21:15	2445,68	0	28/01/2012	21:15	1415,588	0
25/08/2012	21:30	2856,116	0	28/01/2012	21:30	1537,716	0
25/08/2012	21:45	2389,304	0	28/01/2012	21:45	3103,3	0
25/08/2012	22:00	2282,596	0	28/01/2012	22:00	3476,308	0
25/08/2012	22:15	1938,92	0	28/01/2012	22:15	2208,548	0
25/08/2012	22:30	2004,336	0	28/01/2012	22:30	2325,72	0
25/08/2012	22:45	3355,832	0	28/01/2012	22:45	1650,12	0
25/08/2012	23:00	2382,848	0	28/01/2012	23:00	1952,036	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
25/08/2012	23:15	2150,56	0	28/01/2012	23:15	2658,836	0
25/08/2012	23:30	2054,56	0	28/01/2012	23:30	1201,928	0
25/08/2012	23:45	2437,308	0	28/01/2012	23:45	1242,768	0
26/08/2012	00:00	2799,292	0	29/01/2012	00:00	2918,972	0
26/08/2012	00:15	1552,796	0	29/01/2012	00:15	996,572	0
26/08/2012	00:30	1534,412	0	29/01/2012	00:30	758,716	0
26/08/2012	00:45	1707,996	0	29/01/2012	00:45	393,312	0
26/08/2012	01:00	1274,176	0	29/01/2012	01:00	333,516	0
26/08/2012	01:15	1189,548	0	29/01/2012	01:15	330,208	0
26/08/2012	01:30	1200,016	0	29/01/2012	01:30	429,428	0
26/08/2012	01:45	1107,3	0	29/01/2012	01:45	197,712	0
26/08/2012	02:00	1123,756	0	29/01/2012	02:00	151,352	0
26/08/2012	02:15	945,768	0	29/01/2012	02:15	414,868	0
26/08/2012	02:30	860,228	0	29/01/2012	02:30	578,26	0
26/08/2012	02:45	740,548	0	29/01/2012	02:45	519,608	0
26/08/2012	03:00	505,432	0	29/01/2012	03:00	240,364	0
26/08/2012	03:15	370,328	0	29/01/2012	03:15	212,308	0
26/08/2012	03:30	398,36	0	29/01/2012	03:30	145,776	0
26/08/2012	03:45	344,092	0	29/01/2012	03:45	170,716	0
26/08/2012	04:00	401,452	0	29/01/2012	04:00	277,544	0
26/08/2012	04:15	347,828	0	29/01/2012	04:15	145,884	0
26/08/2012	04:30	400,216	0	29/01/2012	04:30	155,072	0
26/08/2012	04:45	338,584	0	29/01/2012	04:45	346,636	0
26/08/2012	05:00	429,196	0	29/01/2012	05:00	539,632	0
26/08/2012	05:15	613,792	0	29/01/2012	05:15	523,38	0
26/08/2012	05:30	928,924	0	29/01/2012	05:30	476,976	0
26/08/2012	05:45	754,812	0	29/01/2012	05:45	185,108	0
26/08/2012	06:00	416,092	0	29/01/2012	06:00	147,024	0
26/08/2012	06:15	446,7	0	29/01/2012	06:15	184	0
26/08/2012	06:30	435,076	0	29/01/2012	06:30	215,296	0
26/08/2012	06:45	340,808	0	29/01/2012	06:45	145,04	0
26/08/2012	07:00	427,284	0	29/01/2012	07:00	157,7	0
26/08/2012	07:15	321,94	0	29/01/2012	07:15	229,368	0
26/08/2012	07:30	424,108	0	29/01/2012	07:30	191,136	0

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
26/08/2012	07:45	315,284	11,64	29/01/2012	07:45	462,004	0
26/08/2012	08:00	409,44	80,46	29/01/2012	08:00	591,532	0
26/08/2012	08:15	335,116	275,64	29/01/2012	08:15	530,42	0
26/08/2012	08:30	770,528	422,88	29/01/2012	08:30	353,024	0
26/08/2012	08:45	696,012	489,9	29/01/2012	08:45	286,356	0
26/08/2012	09:00	281,1	538,92	29/01/2012	09:00	274,804	0
26/08/2012	09:15	178,568	575,28	29/01/2012	09:15	224,148	0
26/08/2012	09:30	1191,84	613,98	29/01/2012	09:30	1094,792	0
26/08/2012	09:45	1695,564	645,84	29/01/2012	09:45	840,144	7,32
26/08/2012	10:00	2604,9	680,64	29/01/2012	10:00	1308,68	0
26/08/2012	10:15	2594,504	756	29/01/2012	10:15	943,12	42,84
26/08/2012	10:30	1758,772	766,14	29/01/2012	10:30	1667,224	64,44
26/08/2012	10:45	949,884	772,8	29/01/2012	10:45	1069,02	42,12
26/08/2012	11:00	564,248	783,66	29/01/2012	11:00	332,852	39,18
26/08/2012	11:15	388,408	774,12	29/01/2012	11:15	685,076	127,62
26/08/2012	11:30	342,26	790,26	29/01/2012	11:30	302,112	94,26
26/08/2012	11:45	298,916	801,12	29/01/2012	11:45	776,6	105,54
26/08/2012	12:00	369,352	820,98	29/01/2012	12:00	658,156	112,02
26/08/2012	12:15	307,3	837,6	29/01/2012	12:15	676,904	97,08
26/08/2012	12:30	362,032	830,52	29/01/2012	12:30	716,32	128,82
26/08/2012	12:45	576,764	790,86	29/01/2012	12:45	299,952	163,2
26/08/2012	13:00	292,824	805,98	29/01/2012	13:00	175,804	182,82
26/08/2012	13:15	359,528	803,4	29/01/2012	13:15	206,42	208,26
26/08/2012	13:30	308,204	795	29/01/2012	13:30	174,464	171,06
26/08/2012	13:45	322,872	780,24	29/01/2012	13:45	593,02	165,48
26/08/2012	14:00	342,316	801,78	29/01/2012	14:00	190,208	194,46
26/08/2012	14:15	810,528	794,88	29/01/2012	14:15	131,116	237,9
26/08/2012	14:30	1532,34	816	29/01/2012	14:30	220,604	291,6
26/08/2012	14:45	887,784	807,42	29/01/2012	14:45	171,44	311,4
26/08/2012	15:00	630,62	821,52	29/01/2012	15:00	130,472	328,02
26/08/2012	15:15	659,752	847,02	29/01/2012	15:15	327,404	372,48
26/08/2012	15:30	619,864	827,1	29/01/2012	15:30	613,836	510
26/08/2012	15:45	1007,444	828,48	29/01/2012	15:45	132,76	638,58
26/08/2012	16:00	942,172	815,76	29/01/2012	16:00	212,016	614,7

Verão				Inverno			
Data	Hora	Consumo	Produção PV	Data	Hora	Consumo	Produção PV
26/08/2012	16:15	2109,172	802,08	29/01/2012	16:15	136,8	474,24
26/08/2012	16:30	1024,744	785,88	29/01/2012	16:30	179,9	307,2
26/08/2012	16:45	679,1	776,1	29/01/2012	16:45	207,292	430,92
26/08/2012	17:00	1212,856	747,12	29/01/2012	17:00	138,096	97,74
26/08/2012	17:15	1175,868	706,62	29/01/2012	17:15	332,564	0
26/08/2012	17:30	1792,584	682,26	29/01/2012	17:30	650,724	0
26/08/2012	17:45	2911,784	636,36	29/01/2012	17:45	411,484	0
26/08/2012	18:00	2675,44	563,28	29/01/2012	18:00	156,808	0
26/08/2012	18:15	2503,132	487,38	29/01/2012	18:15	193,452	0
26/08/2012	18:30	2300,276	446,82	29/01/2012	18:30	1187,1	0
26/08/2012	18:45	1391	401,52	29/01/2012	18:45	1768,476	0
26/08/2012	19:00	600,628	299,64	29/01/2012	19:00	2435,32	0
26/08/2012	19:15	410,216	245,28	29/01/2012	19:15	2415,68	0
26/08/2012	19:30	1052,924	177,24	29/01/2012	19:30	2334,38	0
26/08/2012	19:45	973,728	84,96	29/01/2012	19:45	2253,168	0
26/08/2012	20:00	524,028	0	29/01/2012	20:00	1582,064	0
26/08/2012	20:15	1358,16	0	29/01/2012	20:15	1298,228	0
26/08/2012	20:30	1596,992	0	29/01/2012	20:30	1337,952	0
26/08/2012	20:45	1612,352	0	29/01/2012	20:45	3245,2	0
26/08/2012	21:00	1699,928	0	29/01/2012	21:00	1662,16	0
26/08/2012	21:15	1474,004	0	29/01/2012	21:15	2093,312	0
26/08/2012	21:30	1366,96	0	29/01/2012	21:30	2469,704	0
26/08/2012	21:45	1671,46	0	29/01/2012	21:45	2353,968	0
26/08/2012	22:00	1749,6	0	29/01/2012	22:00	2338,504	0
26/08/2012	22:15	1764,472	0	29/01/2012	22:15	3853,724	0
26/08/2012	22:30	1837,944	0	29/01/2012	22:30	2233,776	0
26/08/2012	22:45	2017,86	0	29/01/2012	22:45	1543,212	0
26/08/2012	23:00	2985,248	0	29/01/2012	23:00	1466,232	0
26/08/2012	23:15	2504,672	0	29/01/2012	23:15	810,184	0
26/08/2012	23:30	1493,908	0	29/01/2012	23:30	541,776	0
26/08/2012	23:45	1143,784	0	29/01/2012	23:45	343,584	0

Anexo B. Preço da energia para a tarifa DAP

Verão			Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh	Data	Hora	Preço/kWh
20/08/2015	00:00	€ 0,1112	23/01/2016	00:00	€ 0,1143
20/08/2015	01:00	€ 0,1130	23/01/2016	01:00	€ 0,1098
20/08/2015	02:00	€ 0,1129	23/01/2016	02:00	€ 0,1061
20/08/2015	03:00	€ 0,1138	23/01/2016	03:00	€ 0,1052
20/08/2015	04:00	€ 0,1167	23/01/2016	04:00	€ 0,1039
20/08/2015	05:00	€ 0,1176	23/01/2016	05:00	€ 0,1031
20/08/2015	06:00	€ 0,1185	23/01/2016	06:00	€ 0,1009
20/08/2015	07:00	€ 0,1155	23/01/2016	07:00	€ 0,0997
20/08/2015	08:00	€ 0,1269	23/01/2016	08:00	€ 0,1016
20/08/2015	09:00	€ 0,1341	23/01/2016	09:00	€ 0,0998
20/08/2015	10:00	€ 0,1336	23/01/2016	10:00	€ 0,1039
20/08/2015	11:00	€ 0,1354	23/01/2016	11:00	€ 0,1045
20/08/2015	12:00	€ 0,1346	23/01/2016	12:00	€ 0,1002
20/08/2015	13:00	€ 0,1334	23/01/2016	13:00	€ 0,1046
20/08/2015	14:00	€ 0,1326	23/01/2016	14:00	€ 0,1042
20/08/2015	15:00	€ 0,1277	23/01/2016	15:00	€ 0,1049
20/08/2015	16:00	€ 0,1279	23/01/2016	16:00	€ 0,1048
20/08/2015	17:00	€ 0,1288	23/01/2016	17:00	€ 0,1050
20/08/2015	18:00	€ 0,1305	23/01/2016	18:00	€ 0,1094
20/08/2015	19:00	€ 0,1294	23/01/2016	19:00	€ 0,1174
20/08/2015	20:00	€ 0,1304	23/01/2016	20:00	€ 0,1185
20/08/2015	21:00	€ 0,1383	23/01/2016	21:00	€ 0,1189
20/08/2015	22:00	€ 0,1356	23/01/2016	22:00	€ 0,1140
20/08/2015	23:00	€ 0,1286	23/01/2016	23:00	€ 0,1082
21/08/2015	00:00	€ 0,1229	24/01/2016	00:00	€ 0,1058
21/08/2015	01:00	€ 0,1170	24/01/2016	01:00	€ 0,1036
21/08/2015	02:00	€ 0,1184	24/01/2016	02:00	€ 0,1027
21/08/2015	03:00	€ 0,1201	24/01/2016	03:00	€ 0,1021
21/08/2015	04:00	€ 0,1214	24/01/2016	04:00	€ 0,1019
21/08/2015	05:00	€ 0,1208	24/01/2016	05:00	€ 0,1007

Verão			Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh	Data	Hora	Preço/kWh
21/08/2015	06:00	€ 0,1270	24/01/2016	06:00	€ 0,0984
21/08/2015	07:00	€ 0,1286	24/01/2016	07:00	€ 0,0959
21/08/2015	08:00	€ 0,1309	24/01/2016	08:00	€ 0,0969
21/08/2015	09:00	€ 0,1383	24/01/2016	09:00	€ 0,0958
21/08/2015	10:00	€ 0,1381	24/01/2016	10:00	€ 0,0966
21/08/2015	11:00	€ 0,1405	24/01/2016	11:00	€ 0,0961
21/08/2015	12:00	€ 0,1397	24/01/2016	12:00	€ 0,0971
21/08/2015	13:00	€ 0,1378	24/01/2016	13:00	€ 0,0992
21/08/2015	14:00	€ 0,1354	24/01/2016	14:00	€ 0,0993
21/08/2015	15:00	€ 0,1303	24/01/2016	15:00	€ 0,1001
21/08/2015	16:00	€ 0,1289	24/01/2016	16:00	€ 0,0983
21/08/2015	17:00	€ 0,1310	24/01/2016	17:00	€ 0,0980
21/08/2015	18:00	€ 0,1324	24/01/2016	18:00	€ 0,0996
21/08/2015	19:00	€ 0,1321	24/01/2016	19:00	€ 0,1006
21/08/2015	20:00	€ 0,1328	24/01/2016	20:00	€ 0,1013
21/08/2015	21:00	€ 0,1419	24/01/2016	21:00	€ 0,1015
21/08/2015	22:00	€ 0,1358	24/01/2016	22:00	€ 0,1027
21/08/2015	23:00	€ 0,1298	24/01/2016	23:00	€ 0,1030
22/08/2015	00:00	€ 0,1212	25/01/2016	00:00	€ 0,1042
22/08/2015	01:00	€ 0,1156	25/01/2016	01:00	€ 0,0999
22/08/2015	02:00	€ 0,1106	25/01/2016	02:00	€ 0,0925
22/08/2015	03:00	€ 0,1120	25/01/2016	03:00	€ 0,0895
22/08/2015	04:00	€ 0,1146	25/01/2016	04:00	€ 0,0865
22/08/2015	05:00	€ 0,1168	25/01/2016	05:00	€ 0,0906
22/08/2015	06:00	€ 0,1190	25/01/2016	06:00	€ 0,0980
22/08/2015	07:00	€ 0,1152	25/01/2016	07:00	€ 0,1071
22/08/2015	08:00	€ 0,1319	25/01/2016	08:00	€ 0,1139
22/08/2015	09:00	€ 0,1329	25/01/2016	09:00	€ 0,1088
22/08/2015	10:00	€ 0,1321	25/01/2016	10:00	€ 0,1117
22/08/2015	11:00	€ 0,1342	25/01/2016	11:00	€ 0,1114
22/08/2015	12:00	€ 0,1342	25/01/2016	12:00	€ 0,1108
22/08/2015	13:00	€ 0,1339	25/01/2016	13:00	€ 0,1153
22/08/2015	14:00	€ 0,1231	25/01/2016	14:00	€ 0,1151

Verão			Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh	Data	Hora	Preço/kWh
22/08/2015	15:00	€ 0,1119	25/01/2016	15:00	€ 0,1182
22/08/2015	16:00	€ 0,1043	25/01/2016	16:00	€ 0,1174
22/08/2015	17:00	€ 0,1036	25/01/2016	17:00	€ 0,1179
22/08/2015	18:00	€ 0,1100	25/01/2016	18:00	€ 0,1205
22/08/2015	19:00	€ 0,1113	25/01/2016	19:00	€ 0,1257
22/08/2015	20:00	€ 0,1168	25/01/2016	20:00	€ 0,1284
22/08/2015	21:00	€ 0,1391	25/01/2016	21:00	€ 0,1316
22/08/2015	22:00	€ 0,1293	25/01/2016	22:00	€ 0,1247
22/08/2015	23:00	€ 0,1132	25/01/2016	23:00	€ 0,1208
23/08/2015	00:00	€ 0,1044	26/01/2016	00:00	€ 0,1185
23/08/2015	01:00	€ 0,1037	26/01/2016	01:00	€ 0,1106
23/08/2015	02:00	€ 0,1072	26/01/2016	02:00	€ 0,1056
23/08/2015	03:00	€ 0,1072	26/01/2016	03:00	€ 0,1049
23/08/2015	04:00	€ 0,1123	26/01/2016	04:00	€ 0,1046
23/08/2015	05:00	€ 0,1096	26/01/2016	05:00	€ 0,1041
23/08/2015	06:00	€ 0,1129	26/01/2016	06:00	€ 0,1097
23/08/2015	07:00	€ 0,1060	26/01/2016	07:00	€ 0,1151
23/08/2015	08:00	€ 0,1090	26/01/2016	08:00	€ 0,1200
23/08/2015	09:00	€ 0,1081	26/01/2016	09:00	€ 0,1144
23/08/2015	10:00	€ 0,1040	26/01/2016	10:00	€ 0,1146
23/08/2015	11:00	€ 0,0990	26/01/2016	11:00	€ 0,1134
23/08/2015	12:00	€ 0,0943	26/01/2016	12:00	€ 0,1130
23/08/2015	13:00	€ 0,0926	26/01/2016	13:00	€ 0,1163
23/08/2015	14:00	€ 0,0814	26/01/2016	14:00	€ 0,1127
23/08/2015	15:00	€ 0,0740	26/01/2016	15:00	€ 0,1134
23/08/2015	16:00	€ 0,0778	26/01/2016	16:00	€ 0,1111
23/08/2015	17:00	€ 0,0794	26/01/2016	17:00	€ 0,1145
23/08/2015	18:00	€ 0,0853	26/01/2016	18:00	€ 0,1162
23/08/2015	19:00	€ 0,0892	26/01/2016	19:00	€ 0,1208
23/08/2015	20:00	€ 0,1004	26/01/2016	20:00	€ 0,1223
23/08/2015	21:00	€ 0,1184	26/01/2016	21:00	€ 0,1215
23/08/2015	22:00	€ 0,1144	26/01/2016	22:00	€ 0,1186
23/08/2015	23:00	€ 0,1030	26/01/2016	23:00	€ 0,1105

Verão			Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh	Data	Hora	Preço/kWh
24/08/2015	00:00	€ 0,0959	27/01/2016	00:00	€ 0,1109
24/08/2015	01:00	€ 0,0935	27/01/2016	01:00	€ 0,1052
24/08/2015	02:00	€ 0,0960	27/01/2016	02:00	€ 0,1036
24/08/2015	03:00	€ 0,0998	27/01/2016	03:00	€ 0,1027
24/08/2015	04:00	€ 0,1018	27/01/2016	04:00	€ 0,1013
24/08/2015	05:00	€ 0,1034	27/01/2016	05:00	€ 0,1026
24/08/2015	06:00	€ 0,1123	27/01/2016	06:00	€ 0,1023
24/08/2015	07:00	€ 0,1063	27/01/2016	07:00	€ 0,1028
24/08/2015	08:00	€ 0,1141	27/01/2016	08:00	€ 0,1125
24/08/2015	09:00	€ 0,1284	27/01/2016	09:00	€ 0,1091
24/08/2015	10:00	€ 0,1313	27/01/2016	10:00	€ 0,1091
24/08/2015	11:00	€ 0,1346	27/01/2016	11:00	€ 0,1077
24/08/2015	12:00	€ 0,1344	27/01/2016	12:00	€ 0,1057
24/08/2015	13:00	€ 0,1338	27/01/2016	13:00	€ 0,1090
24/08/2015	14:00	€ 0,1334	27/01/2016	14:00	€ 0,1054
24/08/2015	15:00	€ 0,1235	27/01/2016	15:00	€ 0,1026
24/08/2015	16:00	€ 0,1238	27/01/2016	16:00	€ 0,1012
24/08/2015	17:00	€ 0,1257	27/01/2016	17:00	€ 0,1047
24/08/2015	18:00	€ 0,1308	27/01/2016	18:00	€ 0,1091
24/08/2015	19:00	€ 0,1315	27/01/2016	19:00	€ 0,1123
24/08/2015	20:00	€ 0,1339	27/01/2016	20:00	€ 0,1145
24/08/2015	21:00	€ 0,1444	27/01/2016	21:00	€ 0,1162
24/08/2015	22:00	€ 0,1421	27/01/2016	22:00	€ 0,1129
24/08/2015	23:00	€ 0,1326	27/01/2016	23:00	€ 0,1050
25/08/2015	00:00	€ 0,1263	28/01/2016	00:00	€ 0,1069
25/08/2015	01:00	€ 0,1204	28/01/2016	01:00	€ 0,1051
25/08/2015	02:00	€ 0,1179	28/01/2016	02:00	€ 0,1029
25/08/2015	03:00	€ 0,1181	28/01/2016	03:00	€ 0,1023
25/08/2015	04:00	€ 0,1186	28/01/2016	04:00	€ 0,1020
25/08/2015	05:00	€ 0,1199	28/01/2016	05:00	€ 0,1028
25/08/2015	06:00	€ 0,1268	28/01/2016	06:00	€ 0,1031
25/08/2015	07:00	€ 0,1265	28/01/2016	07:00	€ 0,1147
25/08/2015	08:00	€ 0,1287	28/01/2016	08:00	€ 0,1166

Verão			Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh	Data	Hora	Preço/kWh
25/08/2015	09:00	€ 0,1348	28/01/2016	09:00	€ 0,1111
25/08/2015	10:00	€ 0,1339	28/01/2016	10:00	€ 0,1115
25/08/2015	11:00	€ 0,1360	28/01/2016	11:00	€ 0,1099
25/08/2015	12:00	€ 0,1356	28/01/2016	12:00	€ 0,1099
25/08/2015	13:00	€ 0,1343	28/01/2016	13:00	€ 0,1148
25/08/2015	14:00	€ 0,1340	28/01/2016	14:00	€ 0,1165
25/08/2015	15:00	€ 0,1297	28/01/2016	15:00	€ 0,1174
25/08/2015	16:00	€ 0,1295	28/01/2016	16:00	€ 0,1152
25/08/2015	17:00	€ 0,1305	28/01/2016	17:00	€ 0,1140
25/08/2015	18:00	€ 0,1316	28/01/2016	18:00	€ 0,1152
25/08/2015	19:00	€ 0,1311	28/01/2016	19:00	€ 0,1173
25/08/2015	20:00	€ 0,1320	28/01/2016	20:00	€ 0,1178
25/08/2015	21:00	€ 0,1408	28/01/2016	21:00	€ 0,1187
25/08/2015	22:00	€ 0,1356	28/01/2016	22:00	€ 0,1157
25/08/2015	23:00	€ 0,1225	28/01/2016	23:00	€ 0,1057
26/08/2015	00:00	€ 0,1139	29/01/2016	00:00	€ 0,1064
26/08/2015	01:00	€ 0,1137	29/01/2016	01:00	€ 0,1041
26/08/2015	02:00	€ 0,1108	29/01/2016	02:00	€ 0,1006
26/08/2015	03:00	€ 0,1103	29/01/2016	03:00	€ 0,0993
26/08/2015	04:00	€ 0,1112	29/01/2016	04:00	€ 0,0978
26/08/2015	05:00	€ 0,1106	29/01/2016	05:00	€ 0,0990
26/08/2015	06:00	€ 0,1158	29/01/2016	06:00	€ 0,1007
26/08/2015	07:00	€ 0,1107	29/01/2016	07:00	€ 0,1076
26/08/2015	08:00	€ 0,1141	29/01/2016	08:00	€ 0,1127
26/08/2015	09:00	€ 0,1225	29/01/2016	09:00	€ 0,1087
26/08/2015	10:00	€ 0,1304	29/01/2016	10:00	€ 0,1080
26/08/2015	11:00	€ 0,1333	29/01/2016	11:00	€ 0,1070
26/08/2015	12:00	€ 0,1331	29/01/2016	12:00	€ 0,1047
26/08/2015	13:00	€ 0,1316	29/01/2016	13:00	€ 0,1115
26/08/2015	14:00	€ 0,1260	29/01/2016	14:00	€ 0,1122
26/08/2015	15:00	€ 0,1151	29/01/2016	15:00	€ 0,1117
26/08/2015	16:00	€ 0,1193	29/01/2016	16:00	€ 0,1114
26/08/2015	17:00	€ 0,1280	29/01/2016	17:00	€ 0,1126

Verão		
Data	Hora	Preço/kWh
26/08/2015	18:00	€ 0,1303
26/08/2015	19:00	€ 0,1302
26/08/2015	20:00	€ 0,1316
26/08/2015	21:00	€ 0,1428
26/08/2015	22:00	€ 0,1367
26/08/2015	23:00	€ 0,1321

Inverno		
Data	Hora	Preço/kWh
29/01/2016	18:00	€ 0,1120
29/01/2016	19:00	€ 0,1152
29/01/2016	20:00	€ 0,1166
29/01/2016	21:00	€ 0,1189
29/01/2016	22:00	€ 0,1168
29/01/2016	23:00	€ 0,1143